

فن ماکنه

ارکان حربیه بکباشیلرندن

علی رضا

مکاتب اعدادیهٔ شاهانه‌ده تدریس اولنمق اوزره
ترتیب اولنمشدر

مکتب فنون حربیهٔ شاهانه مطبعه‌سنده ایکنجی دفعه
اوله‌رق طبع اولنمشدر

سنه ۱۳۰۶ و سنه ۱۳۰۸

فن ماکنه

برنجی فصل

مبحث حرکت

— —

حرکاتك انواع مختلفه‌سی

§ ۱ — معلومات ابتدائیه

۱ — فن ماکنه حرکت واسبابندن بحث ایدن علمدر . برجسمك ثابت اعتبار اولنان اشیایه نسبتله موضعنی تبدیل ایتمسی حالنه — حرکت — دینلوب اشیای مذکوره بعد مجردده حقیقت حالده ثابت ایسه‌لر بونلره قیاساً مشاهده اولنان حرکته — حرکت مطلقه — ودکل ایسه‌لر — حرکت اضافیه — تسمیه اولنور . کرهٔ ارض اوزرنده بولنان اشیا ارضك کندی محوری وشمسك اطرافنده‌کی حرکتنه وشمس وسیارات طاقمك بعد مجردده‌کی حرکت انتقالیه‌سنه

اشـتراك ايتدكلرندن ارض اوزرنده مرئی اولان حركتلر حركت اضافيه اولورلر .

حركتی ملاحظه اولنان برجسمه همان عموميتله متحرك دينله بيلور . نهـايت درەجـەدە اصغر اولوب فقط جسـم خواصـنی جامع اولان برمتحركه «نقطهٔ ماديه» دينلور .

٢ —. برنقطهٔ ماديەنك حركتی غيرمنقطع اولوب يعنی متحرك بعدمجردده ايكی مختلف موضعنك بريسندن ديكرينه بوموضعلری وصل ايدن منحنی ويامسـتقيم برخطك كافهٔ نقطەلرندن كچمكسزين واصل اولەمز بوخطه نقطهٔ ماديەنك محركی تسميه اولنور . برنقطـەنك حركتی يا مستقيمـه ويا منحنيـه اوله بيلوب حركت منحنيەلردن (ماكنه) لرك مطـالعەسـنده اكثريتله ملاحظـه اولنـان حركـت -- حركت مسـتديره ويادوريه — يعنی محركی محيط دائره اولان حركتدن عبـارتدر . حركتك تعيينی زمانك مسـاحەسنه توقف ايدر :

٣ —. زمانك مسـاحەسـی برحادثەنك دوامی مدتنی اولچمك واحدقياسی اعتبار اولنـان برمدتايله مقـايسـه ايتمك ديمكدر . بركونك مدتی واحـد قياسـی اعتبـار اولنەرق ٢٤ سـاعته وهرسـاعت ٦٠ دقيقەيه وهردقيـه ٦٠ ثانيـەيه تقسـيم اولنمشـدركه بوصورتده برسـاعت ٣٦٠٠ وبركـون ٨٦٤٠٠ ثانيەدن عبارت بولنور .

يوم شمسيلر مسـاوی بولنمديغندن واحد قيـاسیٔ زمان ايچـون اعتبـاری بريوم وسـطی قبول اولنـەرق عينی وجهله تقسـيم اولنمشـدر . فن ماكنەده واحد قيـاسیٔ زمـان ايچـون يوم وسطينك برثانيەسـی قبول اولنوب مع هذا اطول مدتلری ايچون

کذلك ساعت وکون دخی استعمال اولنه بیلور . لکن بو حالده
زمانك مساحه اولندیغی واحد قیاسی‌نی بیان ایتمك اقتضا ایدر . عینی
حرکاتی تکرار مساعد اولنان کافهٔ آلات اعانه‌سیله زمانك مساحه‌سی
ممکن اولوب ساعتلر بو مثللو آلاتدن معدوددرلر .

٤ . — بر نقطهٔ مادیه‌نك اولاً محرکی ثانیاً هر آنده محرکی
اوزرنده‌کی موضعی معلوم اولورایسه حرکتی کاملاً معین اولور .
متحرکك حرکتك رصد اولنمسنه بدأ اولندیغی آنده بولندیغی محله
«موضع ابتدائیسی» دینلوب بو آنه دخی — مبدأ زمان —
تسمیه اولنور .

متحرکك محرکی وجهت حرکتی وبولندیغی هر قنغی بر آنده اشبو
محرك اوزرنده کیف مااتفق انتخاب اولنان بر نقطهٔ ثابته‌دن اولان
بعدی معلوم اولورایسه آن مذکورده بولندیغی موضع معلوم اولور .
اشبو بعده — مسافه — و نقطهٔ ثابته‌یه دخی — مبدأ مسافه —
تسمیه اولنور . بو صورتده متحرکك هر قنغی بر موضعی بر طول
معلوم ایله افاده اولنوب واحد قیاسی دخی متره اعتبار اولنور .
مبدأ زمان ومسافه صفر ثانیه وصفر متره ایله اشعار اولنوب سهولت
اولمق ایچون دائما مسافه‌لر مبدئی ایچون متحرکك موضع ابتدائیسی
اخذ اولنورکه بو حالده صفر ایله اشعار اولنان مسافه صفر ایله
اشعار اولنان زمانه متناظر بولنمش اولور .

مسافه‌لر ف وزمانلر ه ایله افاده اولندقده اکر ه نك هر بر قیمتی
ایچون ف معلوم اولورایسه نقطهٔ مادیه‌نك حرکتی کاملاً معلوم
دیمك اولور . بونك ایچون بو ایکی مقدار بیننده بر مناسبت جبریه‌نك
اعطاسی کافی اولوب بو مناسبته (معادلهٔ حرکت) تسمیه اولنور .
یکدیکرینه عمود اوله‌رق بر نقطه‌ده تلاقی ایدن ایکی خط اخذ

ومسافه ایله زمانك واحد قیاسیارینی اشعار ایتمك اوزره برطول معلوم انتخاب اولندقدن صكره برنجی خط اوزرنده ن زمانی اشعار ایتمك اوزره مساوی بعدلر قطع وحاصل اولان نقطه‌لردن اقامه اولنان عمودلر اوزرنده ف نك قیم متناظره‌سنه مساوی بعدلر اخذ وحصوله كلان نقطه‌لری وصل اولنورایسه (منحنیء مصور حركت) تسمیه اولنان برمنحنی استحصال اولنور. بومنحنی اعانه‌سیله (معادلهٔ حركت) كی حركتك كافهٔ احوال وكیفیاتی معلوم اولور .

§ ۲ حركت متساویه ومرتبه

٥ . — تعریف . — متحركك قطع ایلدیكی مسافه‌لر بومسافه‌لری قطع ایچون صرف اولنان زمانلرایله متناسب ایسه‌لر بوحركته — حركت متساویه — تسمیه اولنور . بوصورتده متحركك موضع ابتدائیسندن اعتباراً قطع اولنان مسافه‌لر ف و ف وبومسافه‌لری قطع ایچون كذران ایدن زمان ن و نَ اولسه ف : فَ : ن : نَ اولور .

٦ . — سرعت . — حركت متساویه‌ده واحد قیاسیء زمان ظرفنده قطع اولنان مسافه‌در . بومسافه س ایله اشعار اولندقده ف : س : : ن : ۱ بوسببدن (۱) . . . . ف س ن اولوركه بوصورتده متحركك موضع ابتدائیسندن اعتباراً ن زماننده قطع ایتدیكی مسافه‌لری بولمق ایچون بوزمانی سرعتله ضرب ایتمك اقتضا ایتدیكی كوریلور .

(۱) معادله‌سندن اولا (۲) . . . . س — $\frac{ف}{ن}$ بولنور یعنی حركت متساویه‌ده سرعتی بولمق ایچون متحركك موضع ابتدائیسندن اعتباراً قطع ایلدیكی مسافه‌یی بومسافه‌نك قطعی ایچون صرف اولنان

زمــانه تقسیم ایتمك وثانیاً (۳) . . . . ف = ت اولدیغندن متحرکك
س
هر قنغی بر سرعتله هر قنغی بر مسافه‌یی قطع ایتمسی ایچون کذاران
ایدن زمانی بولمق لازمکلسه مسافهٔ معلومه‌یی اشبو سرعت
ایله تقسیم ایتمك لازمکلدیکی اکلاشیلور . حرکت متساویه‌ده منحنی
مصور حرکت برخط مستقیمدن عبارت بولنور .

۷ . — (۱,۲,۳) معادله‌لری اوچ مقداری محتوی اولوب بونلردن
هر قنغی ایکیسنك معلوم اولمسیله اوچنجی تعیین اولنه بیلور .

امثله — ۱ — . ثانیه‌ده ۱,۵ متره سرعتله خط مستقیم اوزرنده
حرکت ایدن بر جسیم ۸,٤ ثانیه‌ده نقدر مسافه قطع ایدر . ف =
۱,۵ متره × ۸,٤ ثانیه = ۱۲,٦۰ متره اولور .

۲ — . ثانیه‌ده ٥ متره سرعتله حرکت متساویه ایله متحرك
برسفینه ٤٤٤٤ متره مسافه‌یی نقدر زمانده قطع ایدر .

دقیقه ثانیه ثانیه متره

ت = ٤٤٤٤ / ٥ متره = ۸۸۸,۸ = ٤۸,۸ ⁄ ۱٤ اولور .

۳ — . خط استوا اوزرنده بولنان برنقطه ۲٤ ساعتده
٦۳۷٦۸۲۱ متره نصف قطرنده بردائره محیطنی قطع ایتدیکی
حالده سرعتی نه‌دن عبارتدر . ف = ٦۳۷٦۸۲۱ × ۲ π
ت = ۸٦٤۰۰ ثانیه ∴ س = π۲×٦۳۷٦۸۲۱ / ۸٦٤۰۰ = (٤٦۳,۷ متره)
اولمش اولور .

۸ — . حرکت مرتبه — . مساوی زمانلردن صکره سرعت
مساوی قیمتلر اخذ ایتدیکی حالده بو حرکته — حرکت
مرتبه — . وسرعتك عینی قیمتلر اخذ ایتدیککی آنلری
یکدیکرندن تفریق ایدن زمانه — دور — تسمیه اولنور .

بو نوع حرکته ماکنه‌لرده اکثریتله تصادف اولنور ... قاصلك

ویا بر بخار ماکنه‌سی پیستوننك حرکتی وکذا کرهٔ ارضك شمس اطرافنده‌کی حرکتی — حرکت مرتبه - دن عبارتدر . ایکی اولکی حالده سرعت جهتی تبدیل ایدرك عینی دورده ایکی دفعه صفر اولوب اوچنجی حالده ایسه بعض حدلر داخلنده تحول وبوجهتله یوم شمسیلرك عدم مساواتنی حاصل ایدر .

§ ٣ حرکت متحولهٔ منتظمه

٩ —. حرکت متحولهٔ عمومیه . — هرقنغی بر حرکت (متساویه) اولمدیغی حالده متحوله تسمیه اولنوب بوحالده بر آن معلومدن اعتباراً قطع اولنان مسافه بومسافه‌یی قطع ایچون صرف اولنان زمانه تقسیم اولنور ایسه آرتق بر خارج قسمت ثابت استحصال اولنمز اشبو متحول اولان بو خارج قسمته ملاحظه اولنان زمانده متحرکك «سرعت وسطیه» سی تسمیه اولنور . مثلا بر تاتار $2\frac{1}{2}$ ساعتده ٣ میریا متره یعنی ٩٠٠٠ ثانیه‌ده ٣٠٠٠٠ متره مسافه قطع ایتسه بو زمانده‌کی سرعت وسطیه‌سی $\frac{٣٠٠٠٠}{٩٠٠٠}$ = ٣,٣٣٣ متره اولمش اولور . بو سرعت وسطیه‌دن مذکور تاتارك بر ثانیه‌ده ٣,٣٣٣ متره قطع ایتدیکی استدلال اولنه‌مز چونکه هر آنده حرکتنك سرعتی دکیشه‌بیلور .

١٠ —. هرقنغی بر آنده سرعت —. سرعت وسطیه‌نك مساحه اولندیغی زمان اصغر اولدقجه سرعت وسطیه کیتدکجه بر غایه‌یه تقرب ایدوب اشبو غایه‌یه ملاحظه اولنان آنده متحرکك «سرعتی» دینلور . مثلا مسافه‌یی زمانه ربط ایدن قانون حرکت ف = ١,٥ ه + ٠,٢ $ه^{٢}$ دستوریله اعطا اولنسه سرعت

وسطه یعنی ف نك بو مسافه‌یی قطع ایچون صرف اولنان ز زمانه
نسبتی **س** ایله اشعار اولندقده ز زمانه کیتدکجه تناقص ایدن بر طاقم
قیمتلر ویریله‌رك جدول آتی ترتیب اولنور .

س	ف	ز
۳,۵۰۰۰ متره	۳۵,۰۰۰۰۰۰۰ متره	۱۰ ثانیه
۱,۷۰۰۰	۱,۷۰۰۰۰۰۰	۱
۱,۵۲۰۰	۰,۱۵۲۰۰۰۰	۰,۱
۱,۵۰۲۰	۰,۰۱۵۲۰۰۰	۰,۰۱
۱,۵۰۰۲	۰,۰۰۱۵۰۰۲	۰,۰۰۱

زمان اصغر فرض اولندقجه ملاحظه اولنان آندن اعتباراً
قطع اولنان مسافه‌نك زمانه نسبتی یعنی سرعت وسطیه
حس اولنمیه‌جق درجه‌ده ۱,۵ متره‌یه تقرب ایتدیککی
کورلور بو زمان نهایت درجه‌ده اصغر فرض اولنور ایسه
سرعت وسطیه تماماً ۱,۵ متره‌یه واصل اولورکه بوده
متحرکك ملاحظه اولنان اشبو آنده‌کی سرعتندن عبارتدر .

۱۱ — حرکت متحوله منتظمه — تعریف — سرعت
مساوی زمانلرده مساوی مقدارده تحول ایدر ایسه بو حرکت
متحوله‌یه — حرکت متحوله منتظمه — دنلور سرعتك تزاید
ویا تناقص ایتمسی حالنه نظراً حرکت متحوله منتظمه — متزایده
— ویا — متناقصه — اولور بر حرکت متحوله منتظمه‌ده
سرعتك واحد قیاسی زمان ظرفنده مقدار تزایدینه —
مقدار تعجیل — تسمیه اولنور . اشبو مقدار حرکت متحوله منتظمه‌ده
ثابت قالور .

بر آن ابتدائیده متحرکك سرعتی ب و مقداری تعجیل ح ایله اشعار اولنور ایسه سرعت هر ثانیه‌ده ح قدر تزاید ایتدیکندن ϴ ثانیه‌ده ح ϴ قدر تزاید ایدوب بو صورتده اشبو ϴ زمانك نهایتنده متحرکك سرعتی س ایله اشعار اولندقده (١) ... س = ب + ح ϴ بولنوب اکر جسم سکوندن حرکته بدأ ایتمش ایسه سرعت ابتدائیه صفر اولمغله (٢) .... س = ح ϴ اولور .

اکر حرکت — متناقصهٔ منتظمه — ایسه سرعت بر ثانیه نهایتده ح و ϴ ثانیه نهایتنده ح ϴ قدر تناقص ایده‌جکندن بو صورتده (٣) ... س = ب — ح ϴ اولمش اولور .

١٢ — . **مسافه دستوری** . — سرعت ابتدائیه‌سی ب ومقدار تعجیلی ح اوله‌رق حرکت متزایدهٔ منتظمه ایله حرکت ایدن بر متحرکك بر ϴ زمانی ظرفنده قطع ایتدیکی ف مسافه‌سنی بولمق ایچون ϴ زمانی م قدر مساوی قسمه تقسیم ایدیلوب اقسام مذکوره‌دن هر بری $\frac{ϴ}{م}$ = لا ایله اشعار اولندقده : (§ ١١) بو جزؤ زمانلرك هر برینك ابتداسنده سرعت :

$$س_1 = ب$$
$$س_2 = ب + ح لا$$
$$س_3 = ب + ٢ ح لا$$
$$. \quad . \quad . \quad . \quad .$$
$$. \quad . \quad . \quad . \quad .$$
$$. \quad . \quad . \quad . \quad .$$
$$س_م = ب + (م \quad ١) ح لا$$

دستورلریله اعطااولنوب اکربو ط زمانلرینك هربرنده حرکتك سرعتی ثابت قالیور فرض اولنورایسه (§ ٦) حرکت متساویه ایله قطع اولنان مسافه‌لر :

$$ف_١ = س_١ ط = ب ط$$

$$ف_٢ = س_٢ ط = ب ط + ح ط^٢$$

$$ف_٣ = س_٣ ط = ب ط + ح ط^٣$$

. . . . . .

. . . . . .

$$ف_م = س_م ط = ب ط + (م - ١) ح ط^٢$$

اولوب بومعادله‌لر طرف‌طرفه جمع وطرف‌اولنك مجموعی ف ایله اشعار اولندقده :

$$ف = ب م ط + [١ + ٢ + ٣ + ‥ (م - ١)] ح ط^٢$$ اولور.

ایمدی ١ دن م — ١ عددینه دکین اعداد طبیعیه‌نك مجموعی $\frac{م(م - ١)}{٢}$ یاخود $\frac{م^٢ - م}{٢}$ اولدیغندن $ف = ب م ط + \frac{م^٢ - م}{٢} \times ح ط^٢$ اولوب ط یرینه $\frac{ظ}{م}$ مساویسی وضع اولنه‌رق :

$$ف = ب ظ + \frac{م^٢ - م}{م^٢} \cdot \frac{ح}{٢} ظ^٢ = ب ظ + (١ - \frac{١}{م}) \frac{ح}{٢} ظ^٢$$ اولور

حرکت متزایدهٔ منتظمه‌نك ترکب ایتدیکی فرض اولنان حرکات متساویهٔ متعاقبه‌نك هربرینك ط زمانلری نقدر اصغراولور ایسه بوحرکت متساویه‌لرایله قطع اولنان ($ف_١ , ف_٢ , ف_٣ , … ف_{م-١}$ مسافه‌لرینك مجموعی اولان ف مسافه‌سی اولقدر حرکت متزایدهٔ منتظمه ایله قطع اولنان مسافه‌یه تقرب ایده‌جکندن غایه‌ده یعنی

٧=٠ ویا = $\frac{ض}{م}$ مناسبتندنطولایی م نامتناهی فرض اولندیغی زمان حاصل اولان (١) ... ف = ب ض + $\frac{١}{٢}$ ح ض^{٢} دستوری حرکت متزایدهٔ منتظمه ایله قطع اولنان ف مسافه‌سنی قطعیاً افاده ایدن دستوردن عبارت اولمش اولور .

١٣ — تنبیه ١ — حرکت متناقصهٔ منتظمه حالنده عینی وجهله بالسهوله بروجه آتی مسافه دستوری بولنور .

$$(٢) \; ... \; ف = ب ض - \frac{١}{٢} ح ض^{٢}$$

٢ — اکر سرعت ابتدائیه صفر ایسه ب = ٠ وضع اولندقده (٣) ... ف = ح $\frac{ض^{٢}}{٢}$ اولور .

ض و ضَ زمانلری ظرفنده قطع اولنان مسافه‌لر ف و فَ ایله اشعار اولندقده ف = $\frac{ح ض^{٢}}{٢}$ و فَ = $\frac{ح ضَ^{٢}}{٢}$ اولوب بورادن

$$\frac{ف}{فَ} = \frac{ض^{٢}}{ضَ^{٢}}$$ یعنی :

سرعت ابتدائیه‌سی اولمیه‌رق حرکت متزایدهٔ منتظمه ایله حرکته بدأ ایدن متحرکك قطع ایتدیکی مسافه‌لر بو مسافه‌لره متناظر اولان زمانلرك مربعلریله متناسب بولنور .

٣ — ف = $\frac{ح ض^{٢}}{٢}$ دستورنده ض = ١ فرض اولندقده ف = $\frac{ح}{٢}$ ∴ ح = ٢ ف اولوب یعنی متحرکك سرعت ابتدائیه‌سی اولمیه‌رق حرکت متزایدهٔ منتظمه‌یه بدأ ایتدیکی حالده مقدار تعجیل برنجی ثانیه‌ده قطع ایتدیکی مسافه‌نك ضعفی اولور .

٤ — ف = ب ض + $\frac{ح ض^{٢}}{٢}$ دستوری ف = ض (ب + ح $\frac{ض}{٢}$)

شکانه وضع اولنه‌بیلوب ب + ح $\frac{ﻫ}{٢}$ ایسه متحرکك ﻫ زمانڭ وسطنده‌کی سرعتندن عبارت اولدیغندن بوصورتده برحرکت متزایدهٔ منتظمه‌ده بر ﻫ زمانی ظرفنده قطع اولنان ف مسافه‌سی ﻫ زمانڭ وسطنده متحرکك حائز اوله‌جغی برسرعتله وحرکت متساویه‌ایله مذکور زمان ظرفنده قطع اولنه بیلان مسافه‌یه مساویدر .

١٤ — . « مسئله » حرکت متزایدهٔ منتظمه ایله ف مسافهٔ معلومه‌سنڭ قطعندنصکره متحرکك حائز اوله‌جغی سرعتی بولمق .

ف = ب ﻫ + $\frac{ح ﻫ^{٢}}{٢}$ دستورنده ﻫ یرینه (§ ١١)

(١) دستورندن استخراج اولنان ﻫ = $\left(\frac{س - ب}{ح}\right)$ مساویسی وضع اولندقده ف = ب $\left(\frac{س - ب}{ح}\right)$ + $\left(\frac{(س - ب)^{٢}}{٢ح}\right)$ اولوب بورادن ف = $\frac{س - ب}{ح}$ (ب + $\frac{س - ب}{٢}$) = $\frac{س - ب}{ح}$ × $\frac{س + ب}{٢}$ = $\frac{س^{٢} - ب^{٢}}{٢ح}$ ∴ س = $\sqrt{ب^{٢} + ٢ ح ف}$ اولوب اگر سرعت ابتدائیه صفر ایسه س = $\sqrt{٢ ح ف}$ و اگر حرکت متناقصهٔ منتظمه ایسه س = $\sqrt{ب^{٢} - ٢ ح ف}$ دستورلری بولنمش اولور .

سقوط اجسام

١٥ — . خلاده جسملرڭ سقوطی حرکت متزایدهٔ منتظمه‌یه شایان دقت برمثال اولوب بروجه آتی اوچ قانونه تابعدر .

(١) خلاده کافهٔ جسملر عینی سرعتلر ایله سقوط ایدرلر .

(٢) قطع اولنان مسافه‌لر بونلرڭ قطعی ایچون گذران ایدن زمانلرڭ مربعلریله متناسبدرلر (§ ١٣)

(٣) (سرعت) سقوط زمانیله متناسبدر (§ ١١)

برنجی قانون (حکمت طبیعه‌ده) نوتونك بوریسیله ودیکر ایکی قانون ینه حکمت طبیعه‌ده « آطووت » لڭ ماکنه‌سیله ویاخود (جنرال‌مورن) لڭ بروجه‌آتی آلتیله تحقیق اولنور .

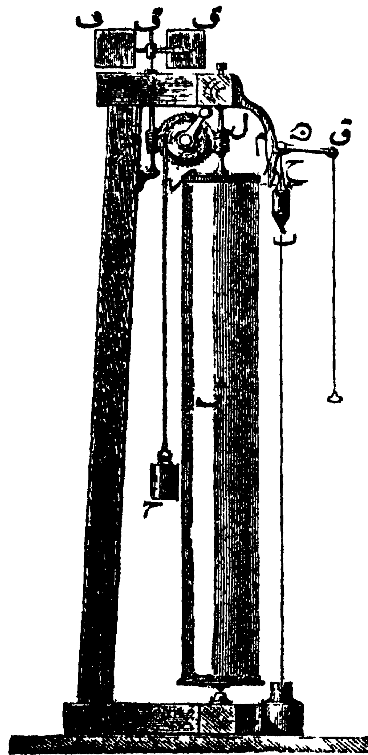
۱٦ —. مورنك آلتی —. اشبو آلت (شکل) ۱ اوزرینه کاغد صارلمش شاقولی بر ب اسطوانه‌سندن عبارب اولوب بر ح ثقلتی س دیشلی چرخنی دوران ایتدیره‌رك بوچرخ دخی بر طرفدن اسطوانه محورینه مربوط ل نهایتسز ویده‌سی واسطه سیله اسطوانه‌نك حرکت دورانیه‌سنی حاصل ایدر . دیکر طرفدن‌دخی مذکور چرخك دیشلری محور شاقولیسی حرکتك تنظیمنه مخصوص ف , ف٬ ف قنادلرینی حامل اولان ایکنجی بر ی نهایتسز ویده‌سیله تماسده بولنورلر .

معدنی قلاغوز تللری آره‌سنده شاقولاً سقوطده ایده‌بیلان بر ث ثقلتنه بر پای واسطه‌سیله اسطوانا اوزرینه استناد ایدن ح قورشون قلمی مربوط اولوب اسطوانه‌نك حرکتی متساویه اولدیغی زمان ن ن م مانوله‌سی اعانه‌سیله ث ثقلتی براغیله‌رق قورشون قلم اسطوانه اوزرینه برمنحنی ترسیم ایدر .

اسطوانه اوزرینه چیزیلان خط اعانه‌سیله سقوط قانونلرینی تحقیق ایتمك ایچون (شکل ۲) کاغد بر ب ح مولدی امتدادنجه کسیله‌رك آچیلور . ب ه خطی اوزرنده ازمنهٔ متساویه‌یی ارائه ایتمك اوزره بربرینه مساوی ب ح و ح ه ق ه ی طوللری اخذ اولندقده ب ح زمانی نهایتنده ثقلت حَ نقطه‌سنده بولندیغندن بوزمان ظرفنده ح حَ طولی قدر سقوط ایتمش اولوب (ب ح) ملك ضعفی اولان

ب ه زمانی نهایتنده دخی ه هَ قدر سقوط ایتمش بولنور .
بو عمودلر مساحه اولندقده ه هَ = ٤ ح حَ = ح حَ × ٢ و ء ءَ = ٩ ×
ح ح = ح حَ × ٣ بولندیغی جهتله سکوندن علی حاله ثقلتك تأثیرینه

شکل ١



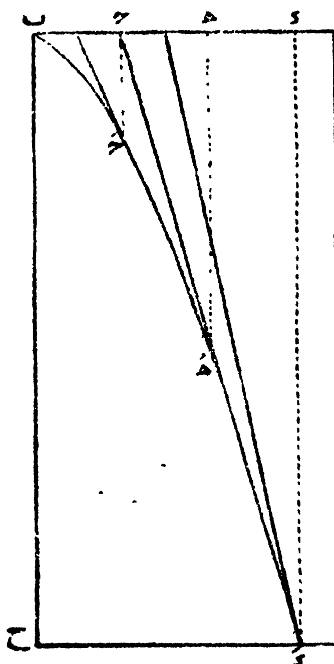
ترك اولنان برجسمك قطع ایتدیکی مسافه‌لر متناظر زمانلرك
مربعلریله متناسب اولدیغنی تبین ایدر .

اشبو قانون حَ ح / بح ٢ = هَ ه / به ٢ = ءَ ء / بء ٢ نسبتلرینی اعطا ایتدیکندن

قورشون قلمنك ترسيم ايتديكى مذكور منحنى بر (قطع مكافى) اولور .

١٧ —. ثقلتك مقدار تعجيلى .— مورنك آلتيله تقريبى اوله‌رق جسم سقوطنك برنجى ثانيه‌سنده ٤،٩ متره مسافه

شكل ٢



قطع ايتديكى كوريلوب بوجهتله بوحركت متزايدهٔ منتظمه‌نك مقدار تعجيلى (§١٣) ٩،٨ متره اولوركه اشبو مقدار (ثقلتك برنجى حرفى اولان) ث ايله اشعار اولنور .

مقدار مذكورى دها صحيح تعيين ايتمك ايچون (رقاص) استعمال اولنوركه استحصال اولنان بعض نتايج بروجه آتيدر .

پارس ده ٠ ٥َ ٨ ٤ْ عرضنده ث = ٩،٨٠٨٨ متره
اسپیچبرغ ٠ ٥َ ٩ ٧ْ ٠ ث = ٩،٨٢٨٩ «
خطاسطوا « ٥ ث = ٩،٧٨٠٦ «

بونتایجه نظراً ث مقدارینك قطبدن خطاستوایه طوغری تناقص ایتدیکی کوریلور .

١٨ —. خلاده اجسامك سقوطنه عائد دستورلر —

(١) سرعت ابتدائیه‌لری اولمیه‌رق سقوط ایدن جسملر .

ﻫ ثانیه نهایتنده قطع اولنان مسافه (§ ١٣ « ٢ْ) . . . ح = ث ﻫ٢ / ٢

ﻫ زمانی نهایتنده سرعت (§ ١١) . . . س = ث ﻫ

جسم ح ارتفاعندن سقوط ایتدیکی زمان سرعتی

(§ ١٤) . . . . . س = √٢ث ح

(٢) سرعت ابتدائیه‌لری اوله‌رق سقوط ایدن جسملر .

ﻫ زمانی نهایتنده قطع اولنان مسافه (§١٢) . . . ح = ب ﻫ + ث ﻫ٢ / ٢

ﻫ زمانی نهایتنده سرعتی (§١١) . . . س = ب + ث ﻫ

جسم ح ارتفاعندن سقوط ایتدیکی زمان سرعتی

(§١٤) . . . . . . س = √ب٢ + ٢ث ح (٢) ب سرعتی ابتدائیسیله شاقولا اشاغیدن یوقارویه رمی اولنان جسملر .

ﻫ زمانی نهایتنده قطع اولنان مسافه

(§١٣ آ) . . . . . . ح = ب ﻫ - ث ﻫ٢ / ٢

ﻫ زمانی صکره سرعت (§١١) . . . . س = ب - ث ﻫ

جسم ح ارتفاعنه واصل اولدیغی زمان سرعتی

(١٤) . . . . . . س = √ب٢ - ٢ث ح اولور .

تنبیه — . س = ب — ث ه دستورینه نظراً سرعت مثبت اولدقجه جسم صعود ایدوب بوده سرعت صفر اولنجه‌یه دکین دوام ایدر س = . اولدقده دستوردن ب = ث ه ویا ه = $\frac{\text{ب}}{\text{ث}}$ استنتاج اولنوب بوصورتده مدت صعود $\frac{\text{ب}}{\text{ث}}$ دن عبارت اولور . بوقیمت ح = ب ه $\frac{\text{ث ه}^{2}}{2}$ دستورنده محلنه وضع اولندقده ارتفاع اعظمی ایچون ح = $\frac{\text{ب}^{2}}{\text{ث}}$ — $\frac{\text{ب}^{2}}{2\,\text{ث}}$ = $\frac{\text{ب}^{2}}{2\,\text{ث}}$ بولنوب بوتقدیرجه : اشاغیدن یوقارویه ب سرعت ابتدائیه‌سیله رمی اولنان جسم $\frac{\text{ب}^{2}}{2\,\text{ث}}$ قدر برمسافه‌یه ترفع ایده بیلور .

§ ٤ برجسم صلبك حركتی

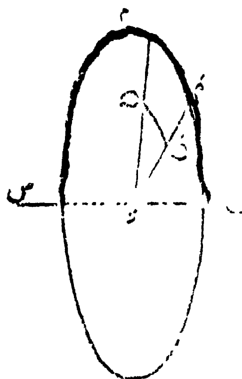
١٩ — • اجسام صلبه بینلرنده‌کی مسافه‌لره ثابت کبی نظر اولنه بیلان نقاط مادیه‌دن ترکب ایدن هیئتدر . برجسم صلب مختلف حرکتلر اخذ ایده‌بیلور ایسه‌ده بونلردن ماکنه‌لرك مطالعه‌سنده باشلیجه ملاحظه اولنه‌جق بروجه آتی ایکی حرکتدر. برجسمك کافهٔ نقطه‌لری مساوی سرعتلر ایله موازی خط مستقیملر ترسیم ایتدکلری حالده بوحرکته « حرکت انتقالیهٔ مستقیمه » دینلور . پیستونك سیلندیر داخلنده‌کی حرکتیله برواغونك رایلرك مستقیم برقسمی اوزرنده‌کی حرکتی کبی .

اكر نقاط متعدده‌نك سرعت مشترکه‌لری ثابت ایسه
حرکت انتقالیه متساویه اولوب (§٦) ف = س ه
دستوری اعطا اولنان مسائلك حلنه کافی اولور ،
اکر نقاط مختلفه‌نك سرعت مشترکه‌لری زمان ایله متناسباً
تحول ایدرایسه حرکت انتقالیه متحولهٔ منتظمه اولورکه
دونمکسزین سقوط ایدن برجسمك خلاده حرکتی کبی .
بوکامتعلق مسائل دخی (§١١) ومتعاقب ماده‌لرده‌کی دستورلره
تطبیقاً حل اولنور .

برمحور اطرافنده حرکت دورانیه — .

٢٠ — . برجسم صلبك کافهٔ نقاطی سطحلری برمحوره
عمود محیط دائره‌لر اوزرنده حرکت وعینی زمانده مشابه قوسلر
ترسیم ایدرلر ایسه جسمك بوحرکتنه اشبومحور اطرافنده
(حرکت دورانیه) تسمیه اولنور . علی‌العموم ماکنه چرخلرینك
حرکتی کبی .
متشابه قوسلر نصف قطرلریله متناسب یعنی

(شکل ٣)



$\frac{م'}{د م}=\frac{ن'}{د ن}$ اولدیغنــدن عــینی زمــانده محــور دوراندن

ر، ر'، ر''، . . . قدر بعید نقاط متعدده‌نك قطع ایتدکلری مسافه‌لر ، ف، ف'، ف''، . . . ایله اشعــار اولندقده :

$\frac{ف}{ر}=\frac{ف'}{ر'}=\frac{ف''}{ر''}=$ . . . . . اولمش اولور .

٢١ — . زاویه ســرعتی . محور دوراندن واحد قدر بعید بر نقطه‌نك سرعتنه — زاویه سرعتی — ویاخود (سرعت دورانیه) دینلور اشبو ســرعت علی العــاده (ه) ایله اشعــار اولنور . «حرکت دورانیه ایله متحرك جســمك نقطــه‌لرندن هر برینك سرعتی زاویه ســرعتنك بونقطه‌نك محور دورانه اولان بعدیله حاصل ضربنه مســاویدر» فی الحقیقه : عینی زمانده قطع اولنان مســافه‌لر محور دورانه اولان بعدلر نسبتنده بولندیغندن محوردن ر قدر بعید بر نقطه ایچــون $\frac{س}{ر}=\frac{ه}{١}$ ∴ س = ه × ر اولور (ه) مقداری ثابت ویا متحول اولدیغنه کوره حرکت دورانیه متســاویه ویامتحوله اولور .

٢٢ — . برحرکت دورانیهٔ متســاویه‌نك سرعتی اکثریتله‌ده جسمك برزمان معینده عدد دوریله اعطــا اولنمش بولنور.

بوحالده — زاویه سرعتی — بولمق ایچون جسمك مثلا بردقیقه‌ده عدد دوری م ایله اشعــار اولندقده محوردن واحد قدر بعید برنقطه ٦٠ ثانیــه‌ده م × ٢ π قدر برمســافه قطع ایدوب بوصورتده زاویه سرعتی ه = $\frac{م \times ٢ \pi}{٦٠}$ = $\frac{م \pi}{٣٠}$ اولمش اولور.

مثــال — . شمس اطرافنده‌کی حرکتندن صرفنظرله کرهٔ ارضك

یالکز محوری اطرافده حرکت دورانیهٔ متساویه‌سنك سرعت دورانیه‌یعنی زاویه سرعتی ــ . نصف قطر ارض ر ایله اشعار اولندقده ٢ π ر خط استواسی اوزرنده برنقطه‌نك ٢٤ ساعت = ٨٦٤٠٠ ثانیه ده قطع ایتدیکی مسافه اولوب بوجهتله بونقطه‌نك س سرعتی $\text{س} = \frac{٢\pi\text{ر}}{٨٦٤٠٠}$ اولمغله

$$\text{ه} = \frac{\text{س}}{\text{ر}} = \frac{\frac{٢\pi\text{ر}}{٨٦٤٠٠}}{\text{ر}} = \frac{٢\pi}{٨٦٤٠٠}$$

اولوب π یرینه ٣٫١٤١٥٩٢٦ قیمتی وضع اولندقده ه = ٠,٠٠٠٠٧٢٧٢٢ اولور.

حرکاتك ترکیبی

٢٣ ــ . برمتحرك بعد مجردده یالکز برحرکت اخذ ایده‌بیلور لکن بوحرکتی مطالعه ایتمك ایچون متحدالوقت برطاقم حرکتلردن حاصل اولمش کبی ملاحظه اولنور.

مثلا برنهرده سیروحرکت ایدن کمینك کوکرته‌سی اوزرنده بربیلا یوارلندیغی زمان کوکرته اوزرنده بیلانك مواضع متعاقبه‌سی کمی‌یه نسبتله بیلانك حرکت اضافیه‌سنی اعطا ایدوب لکن بیلا (حرکت جریه) دنیلان کمینك حرکتنه دخی اشتراك ایتدیکندن نهر کنارنده بولنان برراصد ایچون بشقه برحرکت ارائه ایدر، بیلانك بوحرکت حقیقیه یعنی مطلقه‌سی بوصورتده متحدالوقت ایکی حرکتدن حاصل اولمش کبی ملاحظه اولنور .

« حرکت مرکبه‌لر » تسمیه اولنان اشبو حرکتلرك معلوم اولمسیله متحرکك ــ حرکت مطلقه ــ سی تعیین اولنه‌بیلور

حركات مركبه‌نك ایکیدن زیاده فرضیده ممکندر مثلا نهر کرهٔ ارضك حركت یومیه وسنویه‌سنه اشتراك ایدوب بونلر دخی «حركت مركبه» لردن عداولنه‌بیلور

حركاتی تركیب ایتمك بوحركات ایله متحدالوقت متحرك اولان جسمك حركت حقیقیه‌سنی تعیین ایتمك اولوب حركات مطلقه دائما حركات مركبه‌دن استنتاج اولنور اشته بعض بسیط حركتلرك تركیبی بروجه آتی بیان اولنور

حركاتك تركیبنده (١) متحركك محركنی (٢) هر آنده حائز اوله‌جغی سرعتی تعیین ایتمك اقتضا ایدر .

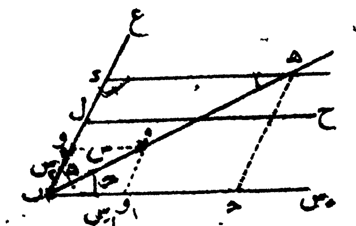
§ ١ حركات متساویه

متحدالوقت ایکی حركت متساویهٔ مستقیمه‌نك تركیبی .

سرعتلرك متوازی الاضلاعی

٢٤ — • دعوی . متحدالوقت ایکی حركت متساویه ومستقیمه برحركت متساویه ومستقیمه‌یه تركیب اولنه‌بیلوب «حركت حاصله» نك سرعتی حركت مركبه‌لرك سرعتلرینی اشعار ایدن خطلر اوزرینه رسم اولنان متوازی الاضلاعك قطریدر. (شكل ٤) ب نقطهٔ متحركه‌سی متساویاً ب س خط مستقیمنی

(شكل ٤)



قطع ایلدیکی اثناده بو خط دخی بر حرکت انتقالیهٔ متساویه ایله یعنی وضعیت اصلیه‌سنه موازی قالەرق حرکت ایتسه ز زمانی نهایتنده ب نقطه‌سی خط مذکور اوزرنده ج نقطه‌سنه واصل اولدیغی فرض اولندقده بو خطك ب نهایتی ب ع خطی اوزرنده عینی زمانده بر ب ی مسافه‌سنی قطع ایده‌جکندن متحرك ز زمانی نهایتنده ی ه = ب ج اولمق اوزره بر ه نقطه‌سنده بولنمش اولور. بو حالده :

اولا : متحرك ب دن ه یه واصل اولمق ایچون ب ه قطرینی تعقیب ایدر فی‌الحقیقه هرقنغی بر ز زمانی نهایتنده متحرکك موضعنی بوله‌لم : اکر ب ج خطی بو آنده مثلا بر ل ح وضعیتنی اخذ ایتمش ایسه «حرکت» متساویه اولدیغندن $\frac{\text{ب ل}}{\text{ب ی}} = \frac{\text{ز}'}{\text{ز}}$ اولوب بو ز′ زمانی اثناده ب نقطه‌سی ب ج خطی اوزرنده $\frac{\text{ع}}{\text{ب ج}} = \frac{\text{ز}'}{\text{ز}}$ مساواتی حاصل ایده‌جك بر ع بعدینی قطع ایدر .

بو صورتده $\frac{\text{ع}}{\text{ب ج}} = \frac{\text{ب ل}}{\text{ب ی}}$ اولوب لکن ل ب م و ی ب ه

مثلثلرینك مشابهتندن و ی ه = ب ج مساواتندن $\frac{\text{ل م}}{\text{ب ج}} = \frac{\text{ب ل}}{\text{ب ی}}$ اولمغله بو سببدن ع = ل م اولوب ب نقطه‌سی دخی دائما ب ج قطری اوزرنده قالور .

ثانیاً : متحرك حرکت متساویه ایله حرکت ایدر. زیرا

$\frac{\text{ب ل}}{\text{ب ی}} = \frac{\text{ب م}}{\text{ب ه}} = \frac{\text{ز}'}{\text{ز}}$ مساواتندن متحرکك ب ه اوزرنده قطع

ایتدیکی ب م و ب ه مسافه‌لری بونلری قطع ایچون صرف اولنان ز′ و ز زمانلری نسبتنده اولدیغی آکلاشلدیغندن (§٥) حرکت ـ متساویه ـ اولور .

ثالثاً : متحركك سرعتی حركت مركبه‌لرك سرعتلری اوزرینه رسم اولنان متوازی‌الاضلاعك قطریدر .

اكر ب و١ و ب و٢ حركت مركبه‌لرك سرعتلرینی اشعار ایدر ایسه (ب و) دخی حركت حاصله‌نك سرعتنی اشعار ایدر.

چونكه (ب و) واحد قیاسیء زمان ظرفنده قطع اولنان مسافه‌در.

٢٥ — ٠ و١ = ب و٢ = س٢ اولوب ب و١ و مثلثنده و١ ب زاویه‌سنك و٢ ب و١ زاویه‌سنك متممی اولدیغنه وبووجهله جب و١ ب = جب (ح + ه) = جب ب و تجب و١ ب = — تجب ب بولندیغنه دقت اولنه‌رق سرعت حاصله ایله سرعت مركبه‌لر بیننده بروجه آتی مناسبات استنتاج اولنور .

س² = س١² + س٢² + ٢ س١ س٢ تجب ب . . . (١)

س١ / جب ه = س٢ / جب ح = س / جب (ح + ه) = س / جب ب ... (٢)

اكر سرعت مركبه‌لر یكدیكرینه عمود ایسه‌لر ه = ٩٠ — ح و ب = ٩٠ اولمغله ١ , ٢ دستورلری آتیده‌كی شكللری اخذ ایدرلر .

س² = س١² + س٢² و س١ / جب ه = س٢ / جب ح = س ... (٣)

نتیجه ـ . اكر سرعتلر عینی استقامته متوجه ایسه‌لر سرعت حاصله برطرفه متوجه اولان سرعتلر ایله دیكر طرفه متوجه اولان سرعتلر بیننده‌كی تفاضله مساویدر .

٢٦ — • (شکل ٥) ایکیدن زیاده ب س ، ب س١ ، ب س٢ ، ب س٣ و ... سرعتلرینی ترکیب ایتمك ایچون سرعتلرك ذوکثیر الاضلاعنی ترسیم ایتمك یعنی اولا ایکی س و س١ سرعتلر اوزرینه برمتوازی الاضلاع ترسیمیله حاصله‌سی تعیین اولندقدنصکره بو حاصله ایله اوچنجی ب س٢ سرعتی ترکیب وبولنان ایکنجی ب ح٢ حاصله‌سیله اوچنجی ب س٣ سرعتی وهکذا ترکیب اولنه‌رق ب ح حاصلهٔ

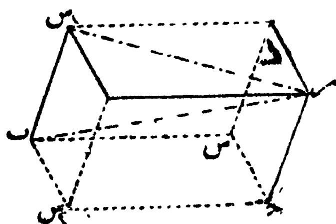
(شکل ٥)

مطلوبه‌سی تعیین اولنور . بوده برنجی سرعتك س نهایتندن ایکنجی سرعته موازی ومساوی س ح١ خطی ترسیم و ح١ نهایتندن اوچنجی سرعته موازی ومساوی ح١ ح٢ خطی رسم و ح٢ نهایتندن دردنجی سرعته موازی ومساوی ح٢ ح خطنك وبووجهله ترسیمیله « سرعت حاصله » نك نهایتنی بولمق دیمکدر .

اكر سرعت مركبه‌لر برمستويده ايسه‌لر بو ذوكثير الاضلاع مستوى وعكسى حالنده يسارى اولور .

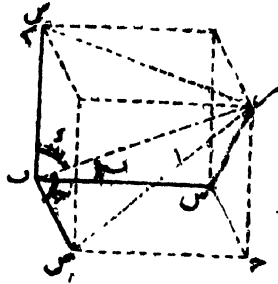
٢٧ — • دعوى • — سرعت مركبه نك عددى اوچ اولوب برمستويده بولنماملرى حالنده سرعت حاصله بو خطلر اوزرينه رسم اولنان متوازى السطوحك قطريدر . سرعت مركبه‌لر (**شكل ٦**) ب س ، ب س_1 ، ب س_2 اولسه س و س_1 نك

(شكل ٦)



حاصله‌سى ب ح اولوب بوسرعت ايله س_1 سرعتى تركيب اولندقده اوچ سرعت‌معلومه‌نك حاصله‌لرى اولان ب ر بولنور . ايمدى ب س ، ب س_1 ، ب س_2 خطلرى اوزرينه برمتوازى السطوح رسم اولنور ايسه بو متوازى السطوحك قطرى ينه ب ر خطندن عبارت اولوب مطلوب ثابت اولور . اوچ سرعت مركبه (شكل ٧) يكديكرينه عمود بولنسه‌لر ب ر ح و ب س ح مثلثلرى قائم الزاويه اولدقلرندن $\overline{\text{ب ر}}^2 = \overline{\text{ب ح}}^2 + \overline{\text{ح ر}}^2$ اولوب لكن $\overline{\text{ب ح}}^2 = \overline{\text{ب س}}^2 + \overline{\text{س ح}}^2$ اولديغندن $\text{ر}^2 = \text{س}^2 + \text{س}_1^2 + \text{س}_2^2 \cdots (1)$ اولمش اولور . بوندنبشقه ر حاصله‌سنك س ، س_1 ، س_2 سرعت مركبه‌لريله احداث ايلديكى زاويه‌لر ب ، ح ، د ايله اشعار اولنور ايسه

ر س ب و ر س١ ب ، ر س٢ ب مثلث قائم الزاويه‌لرندن بالسهوله مناسبات آتيه بولنور . (شكل ٧)



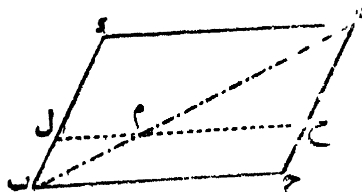
(٢) ... س = ر تجب ب ، س١ = ر تجب ح ، س٢ = ر تجب ى

§ ٢ حركت متحولهٔ منتظمه

٢٨ — . دعوى . متحد الوقت وسرعت ابتدائيه‌سز ايكى حركت مستقيمه ومتحولهٔ منتظمه برحركت مستقيمه ومتحولهٔ منتظمه‌يه تركيب اولنه‌بيلوب، حركت حاصله‌نك مقدار تعجيلى حركت مركبه‌لرك مقدار تعجيللرى اوزرينه رسم اولنان متوازى الاضلاعك قطريدر .

(شكل ٨) ب نقطه‌سى سرعت ابتدائيه‌سز ب ح خطى اوزرنده

(شكل ٨)



حركت متزايدهٔ منتظمه ايله حركت و بر ض زمانى نهايتنده ح نقطه‌سنه واصل اولديغى اثناده خط مذكور دخى وضعيت اصليه‌سنه موازاتاً عين حركتله زمان مذكور نهايتنده ء ﻫ وضعيتنى اخذ ايتسه ب نقطه‌سى ء ﻫ = ب ح اولمق اوزره ﻫ نقطه‌سنه واصل اولور بوحالده :

اولا : متحرك ب دن ﻫ يه وصول ايچون ب ﻫ قطرينى تعقيب ايدر .

فى‌الحقيقه ب ح خطنك بر ضَ زمانى نهايتنده اخذ ايده‌جكى وضعيت ل ح اولسه (§ ٢١ ، ٢ْ) ب ل / ب ء = ضَ٢ / ض٢ اولور . بو ضَ زمانى اثناسنده ب نقطه‌سى اشبو خط اوزنده ع / ب ح = ضَ٢ / ض٢ مساواتيله اعطا اولنان بر ع مسافه‌سنى قطع ايتمكله بوصورتده ع / ب ح = ب ل / ب ء اولوب لكن م ل / ء ﻫ ياخود ل م / ب ح = ب ل / ب ء اولديغندن ع = ل م اوله‌رق ب نقطه‌سى دائما ب ﻫ قطرى اوزرنده بولنمش اولور .

ثانياً : متحرك بوقطر اوزرنده حركت متحولهٔ منتظمه ايله حركت ايدر . فى‌الحقيقه :

ب م / ب ﻫ = ب ل / ب ء = ضَ٢ / ض٢ نسبتى ب نقطه‌سنك بر حركت متزايدهٔ منتظمه ايله حركت ايتديكنى افاده ايدر .

ثالثاً : متحركك مقدار تعجيلى حركت مركبه‌لرك مقدار تعجيللرى اوزرينه مرسوم متوازى الاضلاعك قطريدر .

زيرا : ض واحد قياسىء زمانى اشعار ايتسه ب ح ، ب ء ، ب ﻫ

(§۱۳ مکرر) حرکت مرکبه‌لر وحرکت حاصله‌نك نصف مقدار تعجیللرندن عبارتدر.

حرکت مرکبه‌لرك مقــدار تعجیللری ح و ح اولسه حرکت حاصله‌نك ح مقدار تعجیلی دستور آتی ایله اعطا اولنمش بولنور

ح۲ = ح۲ + ح۲ + ۲ ح ح جتا ب

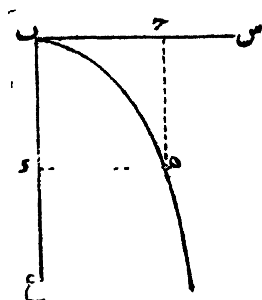


§ ۳ حرکت متساویه وحرکت متحولهٔ منتظمه

مرمیاتك حرکتی

۲۹ — ٠ افقاً انداخت اولنــان مرمی — ٠ حرکتی ب س خط افقیسی استقامتنجه و ب سرعتیله برحرکت متساویه وبرده مقدار تعجیلی ب ع شــاقولی اســتقامتنجه برحرکت متزایدهٔ منتظمه‌نك حاصله‌سی ملاحظه اولنان برنقطــه (شکل ۹) ب اولســه ه زمانی نهایتنده متحرك ضلعلری (۱) ٠ ٠ ٠ ب ح =

(شکل ۹)



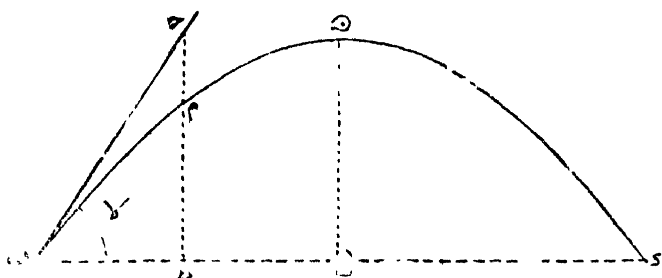
ب ه و (۲) ٠ ٠ ٠ ٠ ب د = ب ه۲ / ۲ اولان مســتطیلك ه رأســنده بولنوب (۱) معادله‌ســندن ه = ب ح / ب قیمتی (۲)

معادله‌سنده محلنه وضع اولندقده ب د = ث/٢ ٢ ب ح / ب^٢/٢ ∴ ٢ ب ح / ب د ٢ = ب^٢/ث اولور .

ب^٢/ث ثابت اولدیغندن ب نقطه‌سنك رسم ایتدیکی محرکك ترتیبلری فصله‌لرینك مربعیله متناسب اولوب بوجهتله محرك مذکور (هندسه‌ده بیان اولندیغی وجهله) رأسی ب ومحوری ب ع اولان برقطع مکافی اولور .

٣٠ — ٠ هرقنغی برزاویه ایله انداخت اولنان مرمی — ٠ (شکل ١٠) بر ح ب ه زاویه‌سیله انداخت اولنان بر مرمی

(شکل ١٠)



بری ب ح خطی امتدادنجه ب سرعتیله متساویه و دیکری ثقلتدنطولایی یوقارودن اشاغی‌یه متوجه ومقدار تعجیلی ث دن عبارت متزایدهٔ منتظمه اوله‌رق ایکی حرکتله متحرکدر .

ایمدی متحرك یالکز ب سرعتی حائز اولسه ه زمانی نهایتنده بوخط اوزرنده ب ح = ب ه مسافه‌سنی قطع ایدوب لکن بوزمان اثناسنده ثقلت مرمی‌یی (§ ١٨) ح م = ث ه^٢/٢ قدر

سقوط ایتدیره‌جکندن متحرك م نقطه‌سنده بولنور . ب ه =
س و ه م = ع بعدلری معلوم اولسه هرآنده متحركك
موضعی بولنه بیلور وه م = ح ه — ه م اولدیغندن
بوصورتده :

(١) س = ب ه محس ى و (٢) ع = ب ه حس ى — ث ه٢ / ٢

اولمش اولور ١ و ٢ معادله‌لری بیننده ه افنا اولور ایسه

ع = س مماس ى — ث س٢ / ٢ ب٢ محس٢ ى اولورکه بوده قطع مکافی

معادله‌سندن عبارتدر .

٣١ — • سعهٔ رمی • — د نقطه‌سی نقطهٔ عزیمتدن مرور
ایدن خط افقی یه مرمینك مواصلت ایتدیکی نقطه اولسه ب د
مسافه‌سنه سعهٔ رمی دینلور . بونقطه‌ده ترتیبی صفر اولدیغندن
(٢) دستورنده ع = • وضع اولندقده ب ه حس ى —
ث ه٢ / ٢ = • ∴ ه (ب حس ى — ث ه / ٢) = • اولوب بومعادله اول
امرده ه = • ایچون تحقیق اولنوب بوآنده متحرك ب
نقطه‌سنده بولنه‌رق ترتیبی صفر اولور .

د نقطه‌سنه عائد اوله‌رق ب حس ى = ث ه / ٢ ایچون دخی صفر
اولوب بورادن استنتاج اولنان ه = ٢ ب حس ى / ث • • • • (٣)
قیمتی (١) ده محلنه وضع اولندقده

س = ب ٢ ب حس ى / ث محس ى = ب٢ حس ٢ ى / ث • • • • (٤)

سعهٔ رمیدن عبارت اولمش اولور .

اعظمی سعهٔ رمی — ۰ عینی بر ب سرعتیله فقط مختلف
زاویه‌لر ایله مرمی انداخت اولندیغی حالده سعهٔ رمی حس ۲ ∡
مضروبیله تحول ایدوب بومضروب حس ۲ ∡ = ۱ و ۲ ∡ = ۹۰°
و∡ = ٤٥° ایچون اعظمی اولدیغندن ٤٥° زاویه ایله انداخت
اولنان مرمینك سعهٔ رمیی الڭ بیوك اولور .

بوحالده (٤) دستوردن سعهٔ رمی $\frac{ب^۲}{ث}$ بولنورکه بر ب سرعتیله
آتیلان برجسمك افقاً واصل اوله بیله‌جکی الڭ بیوك مسافه
بوندن عبارتدر ۰ - اکر جسم ینه بوسرعتله شاقولاً یو قارویه
طوغری رمی اولنسه (§ ۱۸) ح = $\frac{ب^۲}{۲ث}$ مسافه‌سنه ترفع
ایده‌بیله‌جکندن بوصورتده مرمی عینی سرعت ایله رمی اولنمق
اوزره شاقولاً ترفع ایده‌بیله‌جکی مسافه سعهٔ اعظمینك نصفی
قدر اولمش اولور .

٣٢ — ۰ غایت ارتفاع — ۰ (ع) نك الڭ بیوك قیمتنه غایت
ارتفاع دینلوب بونی استحصال ایتمك ایچوب (۲) معادله‌سی
ه نه نظراً حل اولندقده (٥) . . . . ه =
$\frac{ب^۲ حس ∡ \pm \sqrt{ب^۲ حس^۲ ∡ - ۲ ع ث}}{ث}$ حاصل اولوب بورادن مثبت
اوله‌رق ع نك الڭ بیوك حائز اوله‌بیله‌جکی قیمت (جبرده
کورلدیکی اوزره ۲ ب^۲ حس^۲ ∡ - ۲ ث ع = ۰ مناسبتی حاصل
ایدن ع نك قیمتی اولمغله بوصورتده (٦) . . . ع =
$\frac{ب^۲ حس^۲ ∡}{۲ ث}$ مناسبتی حاصل اولورکه متحرك بوارتفاعه (۷)

... ه = $\frac{\text{ب حسـ ۲ لا}}{\text{ث}}$ زمانندنصكره واصل اولور .

(٧) دستوری (٣) دستوریله مقایسه اولندقده الڭ بیوك ارتفاعك ب‌ی بعدینـك ل منتصف نقطه‌سـنه عائد اولدیغی وبوصورتده متحركك سقوط ایچون دخی صعود زمانی قدر زمان صرف ایتدیکی كوریلور .

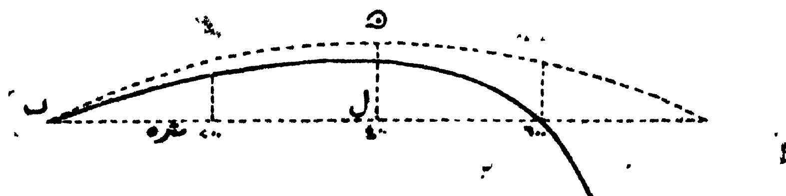
ارتفاع اعظمی — . (٦) دسـتورنده لا = ٩٠° فرض اولنـور ایسه ع یاخود ح = $\frac{\text{ب}^{٢}}{\text{٢ث}}$ اولورکه ب سرعتیله شاقولاً رمی اولنان برجسمك صعود ایده‌بیله‌جكی ارتفاعدن عبارتدر .

تنبیه — . ب = ٤٥° فرض اولنور ایسه حسـ ۲ لا = ١ ∴ ح = $\frac{\text{ب}^{٢}}{\text{٢ث}}$ اولوب بوصورتده ب = ٤٥° حالنده سعهٔ رمی (§ ٣١) كندی سهمنك یعنی غایت ارتفاعنك درت مثلی اولمش اولور .

٣٣ — . مرمیاتك هوا درونـنـده حركتلری . مقـاومت هوا نتایج سابقه‌یی برمقدار تعدیل ایدوب محركك شكلی تبـدیل وسعهٔ رمی ایله غایت ارتفاعی تنقیص ایدر .

اشبو اختلاف (شكل ١١) ده مشاهده اولنه‌بیلوب شكل مذكورد

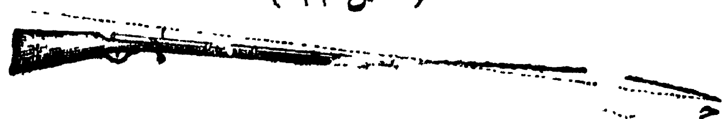
(شكل ١١)



محركی ارائه ایدر .

(شكل ١٢) مرمینك بر ح هدف معلومنه انداختی ایچون ا

(شكل ١٢)



برزاویهٔ معینه ایله انداختك اجراسی مقتضی اولوب بوده (نشانکاه) واسطه‌سیله ممکن اولور .

§ ٤ حركات ظاهریه

٣٤ — • تعریف . برنقطه نك دیكر برنقطهٔ متحركه یه نسبتله حركت ظاهریه‌سی ایكنجی نقطه‌یه موضوع بر ر اصد ایچون برنجی نقطه نك مشاهده اولنان حركتندن عبارتدر .

(حركت ظاهریه) حركت اضافیه دیمك اولوب بونك تعیینی ایچون بروجه آتی (غالیله) نك — اساسی — نظر اعتباره آلنور .

(نقاط متعدده نك یكدیكرینه نسبتله حركات اضافیه‌سی بونقطه‌لردن تركیب ایدن هیئته هرقنغی برحركت انتقالیه اعطا اولنور ایسه تغیر ایتمز) بواساس كندی نتایجیله تحقق ایدوب (فن ماكنه) نك متعارفه‌سندن معدوددر .

ب و ح حركتده بولنان ایكی نقطه اولسه (ح) مه نسبتله ب نك حركت ظاهریه‌سنی استحصال ایتمك ایچون هیئته ح نقطه‌سنك حركتنه مساوی ومخالف برحركت انتقالیه اعطا ایدر ایسك

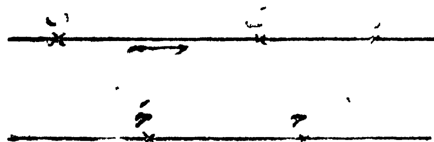
ح نقطه‌سی سکونه داخل اولوب ب نقطه‌سی ایسه کندی حرکتی ویرده حرکت انتقالیه ایله متحرك اولور که بونلرك حاصله‌سی (حرکت ظاهریهٔ مطلوبه) دن عبارتدر .

راصدك بولندیغی نقطه‌نك حرکتنه (حرکت جریه) دینلور .

بو اصول اعانه‌سیله نقطه‌لر حرکت متساویه ایله متحرك فرض اولنه‌رق بعض بسیط « حرکات اضافیه » بر وجه آتی تعیین اولنور .

٣٥ — • موازی خطلر اوزرنده حرکت ایدن ایکی نقطه‌نك حرکت اضافیه‌سی • — (١)° جهت حرکتلر بربرینك عینی فرض اولنه‌رق (شکل ١٣) ب نقطه‌سی بر ۞ زمانی ظرفنده

(شکل ١٣)

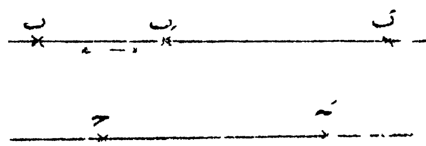


حرکت متساویه ایله ب بَ مسافه‌سنی قطع ایلدیکی اثناده ح نقطه‌سی دخی عین زمانده موازی برخط اوزرنده ح حَ مسافه‌سنی قطع ایتسه : ب نقطه‌سنك ح نقطه‌سنه نسبتله ٢ حرکت جریه‌سنه مساوی ومخالف برحرکت مشترکه ایله بونقطه سکونه ارجاع اولنور ملاحظه اولنان زمان نهایتنده کندی حرکتی سببیله ب نقطه‌سی بَ نقطه‌سنه واصل اولوب لکن حرکت انتقالیه‌دنطولایی ب پ = ح حَ اوله‌جق وجهله پ نقطه‌سنه انتقال وب پ مسافه‌سنی قطع ایدر . اکر ملاحظه اولنان زمان برثانیه ایسه ب پ حرکت اضافیه‌نك سرعتی

اولوب بوصورتده حركت اضافیه نك سرعتی س۱ و (ب . ح) نقطه‌لرینك، سرعتی (س و سَ) ایله اشعار اولندقده . . . س۱ = س — سَ یعنی : جهتلری بر اولان حركتلر ایچون سرعت اضافیه « سرعت مطلقه » لر بیننده‌كی تفاضلدن عبارت اولور .

(۲) جهت حركتلر بربرینك عینی او لمدیغی حالده ب نقطه‌سی (شكل ١٤) كندی حركتیله ب بَ بعدینی واعطا اولنان

(شكل ١٤)



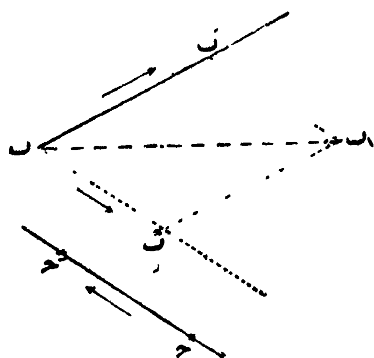
حركت انتقالیهٔ مشتركه دنطولایی بَ ب۱ = ح حَ بعدینی قطع ایدوب بوسببله س۱ = س + سَ یعنی سرعت اضافیه سرعت مطلقه‌لر مجموعنه مساوی اولور . عكسی جهتده حركت ایدن ایكی یولجی ترننده واقع اولدیغی كبی .

٣٦ — . كیف ما اتفق خطلر اوزرنده حركت ایدن ایكی نقطه‌نك یكدیكرینه نسبتله حركت اضافیه‌سی — . (شكل ١٥).

ب بَ و ح حَ (ب و ح) نقطه‌لرینك حركت مطلقه‌لرینك سرعتلری ایسه هیئته ح نقطه‌سنی سكونه ارجاع ایده‌جك برحركت مشتركه اعطا اولندقده : ب نقطه‌سی برای كندی ب بَ سرعتی ودیكری ب بَ سرعت انتقالیه‌سندن عبارت ایكی سرعتله متحرك اولوب بونلر تركیب اولنه‌رق (حركت

ظاهریه) نك ب ب' سرعتی استحصال اولنور بو صورتده خ

(شكل ١٥)



نقطه‌سنه موضوع بولنان راصد ب نقطه‌سنك ب ب' قطری اوزرنده و بوقطرك طولیله اشعار اولنان برسرعتله متحرك اولدیغنی مشاهده ایدر .

اشته بووجهله حركات ظاهریه‌نك تعیینی حركاتك تركیبندن عبارت برمسئله‌یه ارجاع اولنمش اولنور .

تحویل حركات

٣٧ — ٠ باشلیجه حركتلر بروجه آتی درت صنفه منقسمدر .

(١)° مستقیمهٔ متصله

(٢)° « منفصله

(٣)° مستدیرهٔ متصله

(٤)° « منفصله

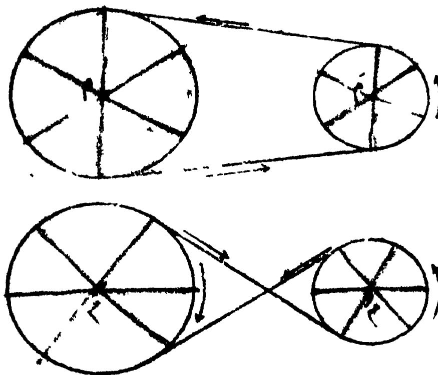
بو حرکتلردن هربری کندی نوعندن ویاخود آخر نوعدن برحرکته تحویل اولنه بیلوب بوجهتله ۱۶ درلو (تحویل حرکت) حاصل اولورکه بهری نتایج مطلوبه یه کوره وسائط مختلفه ایله تحصیل اولنوب الڭ مهم اولنلرندن بعضیلری بروجه آتی ذکر وبیان اولنور .

§ ۱ قایش وقاصناقلر

۳۸ — . قاصناق وقایشلر برحرکت مستدیرهٔ متصله یی دیکر برحرکت مستدیرهٔ متصله یه تحویل ایدوب حرکت مستدیره لری استحصال اولنه جق محورلرك بربرندن اوزاق بولنملری حالنده استعمال اولنورلر .

(شکل ۱۶) ایکی موازی م ، مَ محورلری اوزرینه ربط ایدیلان

(شکل ۱۶)



ایکی قاصناغه برنهایتسز قایش خارجا مماس اوله رق کچیریلور ایسه محورلردن برینك حرکتیله دیکری عینی جهته دوران ایدوب

بالعکس داخلاً مماس ایسه عکسی جهته دوران ایدرلر . بوایکنجی حالده قایش هرقاصناقدن دها بیوك بر قوس احاطه ایدوب التصاق تزاید ایدرك (قایمه) کفیتی مندفع اولور ایسه‌ده قایشلرك تلاقی محلرنده دخی دلك وتماس حاصل اولور.

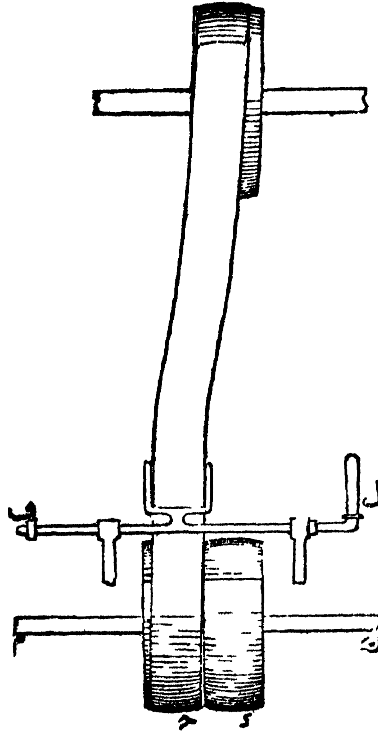
۳۹ — ۰ قاصناقلرك سرعتی — ر ، رَ قاصناقلرك نصف قطرلری نه و نهَ زاویه سرعتلری اولسه قایشك سرعتی هرنقطه‌ده عینی اولوب اگر قایش قایمیور ایسه احاطه ایتدیکی دائره محیطلرینك دخی هرنقطه‌سی بووجهله اولمغله (§ ۲۱) ر نه = رَ نهَ اولوب بو جهتله (۱) $\frac{\text{نه}}{\text{نهَ}} = \frac{\text{رَ}}{\text{ر}}$ بعنی قاصناقلرك زاویه سرعتلری نصف قطرلریله معکوساً متناسب بولنور .

قاصناقلرك عدد دورلری ن ، نَ ونصف قطرلری مجموعی یعنی ایکی محور بیننده‌کی مسافه ب ایله اشعار اولندقده زاویه سرعتلری عدد دورلر ایله متناسب اولدیغندن $\frac{\text{رَ}}{\text{ر}} = \frac{\text{ن}}{\text{نَ}}$ اولور بو مناسبتك طرفینه واحد ضم اولندقده $\frac{\text{ن} + \text{نَ}}{\text{نَ}} = \frac{\text{رَ} + \text{ر}}{\text{ر}} = \frac{\text{ب}}{\text{ر}} \therefore \text{ر} = \frac{\text{ب}\ \text{نَ}}{\text{ن} + \text{نَ}}$ ... (۲) اولوب

قاصناقلرك نصف قطرلری مجموعی وعدد دورلری معلوم ایکن هرقنغی برینك نصف قطرینی استخراج ایچون دستور اولمش اولور . قایشك قاصناغك سطحی اوزرندن قایه‌رق دوشمسنی منع ایچون بوسطح محدب اولدیغی حالده قایش اك مرتفع نقطه‌سنه

جیقمق استدیکی تجربه‌دن اکلاشیلدیعدن (شکل ١٧)

(شکل ١٧)



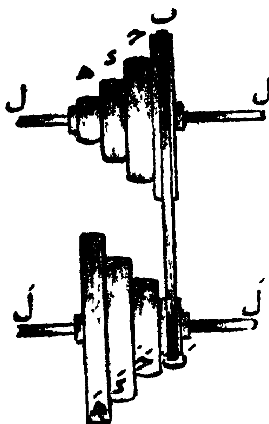
قاصاقلرك سطحلرك کمرلی وصرتلی اوله‌رق اعمال اولنور .

٤٠ — • نردبانلی قاصاق و آواره قاصاغی • دستکاهلردن بعضارینی دیکرلرینه تابع اولمیه‌رق استدیکی زمان طوردیرمق ویا حرکت حالنه وضع ایده بیلمك ایچون (شکل ١٧) م ن محوری اوزرینه ایکی قاصاق کچوریلوب بونلردن بر ح قاصاغی محوره مربوط و آنجق آنکله برابر دونه‌بیلوب

آواره قاصناغی دینلان دیگر ء قاصناغی ایسه بومحور اطرافنده سربستجه دوران ایده بیلور . عمله آلتلردن برینی توقیف ایتمك استر ایسه بر ل ف مانوله‌سی اعانه‌سیله قایشی آواره قاصناغنه وحرکت حالنه وضع ایتمك آرزو ایدر ایسه آواره قاصناغندن اصل قاصناغه نقل ایدر .

محوری مختلف سرعتلر ایله دوران ایتدیرمك مطلوب ایسه (شکل ١٨) (نردبانل قاصناق) قوللانیلور ل محرك اغاجنه نصف

(شکل ١٨)



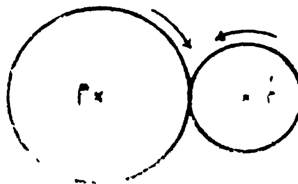
قطرلری بربرندن کوچك ب ، ح ، ء ، ه قاصناقلری و لَ متحرك اغاجنه دخی نصف قطرلری بربرندن بیوك بَ ، حَ ، ءَ ، هَ قاصناقلری گچیریلوب قایش ب و بَ قاصناقلرندن گچدیکی زمان (§ ٣٩) اك بیوك سرعت استحصال اولنور . ــ قایش دائما گرکین قالمق ایچون مقابل قاصناقلرك نصف قطرلری مجموعی ثابت قالمقی اقتضا ایدر .

§ ٢ تماس چرخلری ودیشلی چرخلر

٤١ —— ٠ بو آلتلر محـورلر بربرینـه قریب اولدیغی زمان ایکی حرکت مستدیرهٔ متصله‌یی بربرینـه تحویل ایدوب محورلر متوازیین اولورلر ایسـه (مستوی دیشـلی چرخ ترکیبی) دینلور .

(شکل ١٩) مقـاومت از اولدیغی زمان یکدیکرینه تمـاس

(شکل ١٩)



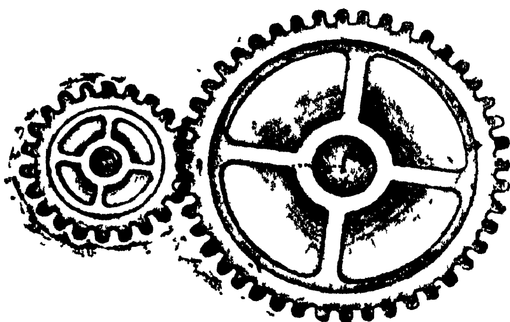
ایدن ایکی اسطوانه قوللانیلوب اسطوانه‌لر قومالاسـتیق ایله صاریله‌رق التصاق تزیید ایدیلور .

م اسطوانه‌سی حرکت متساویه ایله دوران ایدر ایسه مَ اسطوانه‌سی دخی عکسی جهتـده حرکت متسـاویه ایله دوران ایدوب اسطوانه‌لرك نصف قطرلری ر و رَ وزاویه سرعتلری نه و نَه اولسه ایکی محیط دائره‌نك هرنقطه‌سـنك سرعتلری مشترك اولدیغندن (§ ٢١) نه ر = نَه رَ ∴ $\frac{نه}{نَه} = \frac{رَ}{ر}$

یعنی اسطوانه‌لرك زاویه سرعتلری نصف قطرلریله معکوساً متناسب اولور .

٤٢ — • دیشلی چرخ ترکیبی • اکر مقاومت زیاده ایسه اصول سابق غیر کافی اولوب م اسطوانه‌سی مَ اسطوانه‌سنی دوندیره‌میه‌رك اوزرندن قایه‌جغندن مذکور اسطوانه‌لر اوزرینه دیشلر اعمال اولنه‌رق (شکل ٢٠) دیشلی چرخ

(شکل ٢٠)



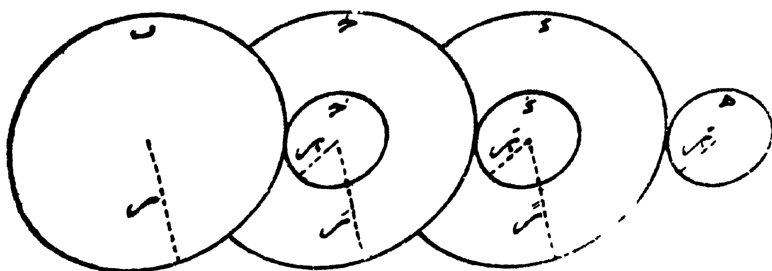
ترکیبی قوللانیلور . بوراده دخی حال سابقده اولدیغی کبی $\frac{ه}{هَ} = \frac{رَ}{ر}$ تناسبی بولنورکه ر و رَ ایکی دیشك مرکزلر خطی اوزرنده تماسده بولندیغی ى نقطه‌سنده یکدیکرینه مماس اولان ودیشلی چرخك محیط اصلیلری تسمیه اولنان ایکی محیط دائره‌نك م ى و مَ ى نصف قطرلرندن عبارتدر .

چرخلردن کوچکنه « فنار » — تسمیه اولنور . یکدیکرینی سوق ایدن ایکی چرخك دیشلری عینی ثخنده بولندقلرندن چرخلرك محیط دائره‌لری حاوی اولدقلری عدد دیشلر ایله متناسب اولوب بوصورتده م و مَ چرخلرینك عدد دیشلری .

م و مَ ایله اشعار اولندقده $\frac{\text{رَ}}{\text{ر}} = \frac{\text{م}}{\text{مَ}}$ و $\frac{\text{نَ}}{\text{ن}} = \frac{\text{م}}{\text{مَ}}$
یعنی ایکی چرخك زاویه سرعتلری عدد دیشلریله معکوساً متناسب بولنور .

٤٣ — • غایت بیوك نصف قطرده چرخ استعمالنه حاجت قالمقسزین یکدیکرندن ایپجه فرقلی سرعت استحصالی مطلوب اولسه عینی برمحور اوزرینه برچرخ و برفنار طاقیلوب بونلردن برقاچ عددیله استنیلان سرعت تحصیل اولنور . (شکل ٢١) ب ب چرخی ج چرخنك فنارینی و بوچرخ

(شکل ٢١)



د چرخنك فنارینی وهکذا سوق ایدر .
ایکی نهایتده‌کی ب و هَ چرخلرینك زاویه سرعتلرینك نسبتنی استحصال ایتمك ایچون ب چرخنك زاویه سرعتی (ن ج وجَ) چرخلرینك، مشترك زاویه سرعتلری نَ و (د ، دَ) نك نً ونهایتکی هَ چرخنك دخی نً اولسه

(§ ٤١)

ن ر = نَ رَ

نَ رً = نً رَ١

نً رً = نً رً١

بو مساوات طرفه ضرب اولندقده ه ر رَ رً =

ه₁ ر₁ رَ₁ رً₁ اولوب بورادن $\frac{ه}{ه_1} = \frac{ر_1 رَ_1 رً_1}{ر رَ رً}$ یعنی « برنجی چرخك

راویه سرعتنك نهایتکی فارك راویه سرعتنه نسبتی فارلرك نصف قطرلری حاصل ضربنك چرحلرك نصف قطرلری حاصل ضربنه نسبتی کیدر »

محـورلر یکدیکرینـه عمود بولندقلری زمان (شـــكل ٢٢)

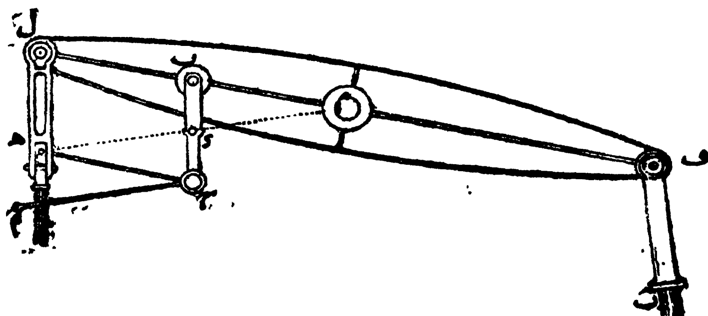
(شكل ٢٢)

زاوبه چرخـلری یعنی مخروطی دیشلی جرخ ترکیبی ویاخـود (شـكل ٢٣) ینه فارلی دیشلی جرخ ترکیبی قوللانیلور .

(شكل ٢٣)

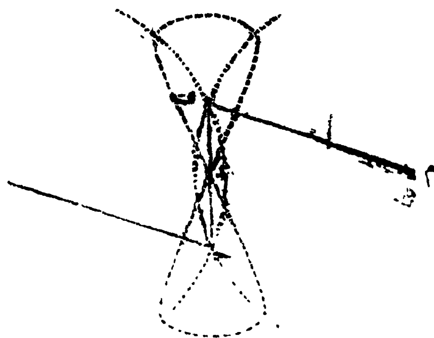
٤٤ ـ ـ واطك بخار ماكنه‌سنده پیستون چبوغی (شکل ٢٤) ف نهایتی حرکتی اغاجـه نقل ایدن ف بَ قولیله مفصللی بیوك بر ف م ل موزننك دیکر نهایتنه مربوط بولنور .
موازی مربوط اولوب « واطك متوازی‌الاضلاعی » تسمیه اولنان

(شکل ٢٤)



مفصللی برطاقم چبوقلر پیستونك حرکت مستقیمهٔ منفصله‌سنی موازنك حرکت مستدیرهٔ متصله‌سنه نقل وتحویل ایدرلر .
واطـك متوازی‌الاضـلاعنك اسـاسی ـ . م ف و م ح (شـکل ٢٥) م و م نقطـه‌لری اطرافنده متحرك ایکی چبوق

(شکل ٢٥)



اولسـه ف ، ح نقطـه‌لرنده مفصللی بر ف ح کمی واسطه‌سیله

یکدیکریله برلشدیریله‌رك کمك د منتصف نقطه‌سنه برقورشون قلم ربط اولندقده بوقورشون قلم 8 شکلنده وقسم اعظمی برخط مستقیمدن پك آز فرقلی برمنحنی ترسیم ایدر .

بوخاصه‌دن استفاده اولنمق ایچون (٢٤ شکل) ل ف موازنی اوزرینه ب ل هـ ح متوازی‌الاضلاعنی تشکیل ایدن رأسلرنده مفصللی درت چبوق ربط و ح رأسی م ح مقابل موازنی اعانه‌سیله برقوس اوزرنده حرکته اجبار قلندیغی حالده ح نقطه‌سی دخی برقوس دائره اوزرنده حرکت ایتدیکندن د نقطه‌سی شمدی سویلدیکمز « واطك منحنیسنی » ترسیم ایدر .

ب نقطه‌سی (م ل) لك منتصف نقطه‌سنده آلنوب بوجهتله م ب د ، م ل هـ مثلثلری مشابه قاله‌رق م د خطی متوازی‌الاضلاعنك وضعیتی وبوسببله موازنك حرکتی هرنه اولور ایسه اولسون دائما هـ نقطه‌سندن مرور ایدر اشته بوسببدن هـ نقطه‌سی دخی د نقطه‌سنك رسم ایلدیکی منحنی‌یه مشابه وضعف طولده برخط ترسیم ایدر . اکر (م ل) لك حرکتی د نقطه‌سی محرکنك یالکز مستقیم برقسمنی رسم ایده‌جك درجه‌ده تنقیص وتحدید ایدیلور ایسه هـ نقطه‌سنه بخار ماکنه‌سنك پیستوننك چبوغی مفصللی اوله‌رق ربط اولندیغی حالده بوچبوغك حرکتی دخی مستقیم اولور .

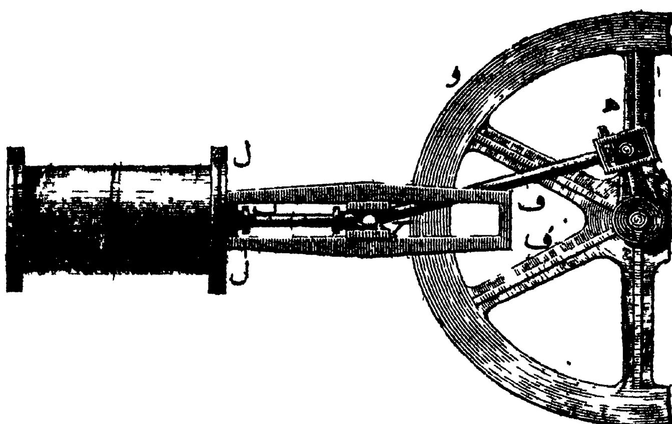
محل تکاثفی اولان ماکنه‌لرده د نقطه‌سنه دخی هوا طلومبه‌سنك چبوغی ربط ایدیلور .

§ ٤ قول ایله چویره‌حك



٤٥ — . قول ایله چویره‌جك بر حرکت مستقیمهٔ منفصله‌یی برحرکت مستدیرهٔ متصله‌یه تحویل ایدر . واطك بخار ماکنه‌سنده اشبو ترتیب مخصوص موارلك حرکت مستدیرهٔ منفصله‌سنی برحرکت مستدیرهٔ متصله‌یه تحویل ایدر . قول ایله چویره‌حك ایکی جهتلی اولوب یعنی عکسی تحویل حرکات ایچون دخی استعمال اولنه‌بیلور .
(شکل ٢٦) ب ح (ل ف ، ل ق) پارچه‌لری اره‌سنده متحرك چبوق اولوب ح ه دخی (و) پروانه‌سنه ثابت قلان ه م

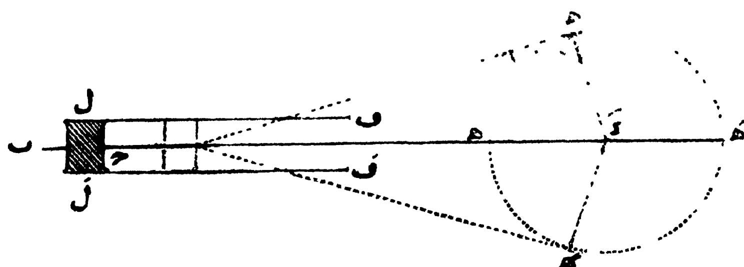
(شکل ٢٦)



چویره‌جکنه مفصللی اوله‌رق ربط اولنمش فولادن عبارتدر .
کر ب ح چبوغی برحرکت مستقیمهٔ منفصله ایله متحرك بولنور

ایسه چویره‌جك وبوجهتله پروانه برحرکت مستدیرهٔ متصله آلور . وبالعکس اکر پروانه‌یه برحرکت مستدیرهٔ متصله ویریلور ایسه چبوق حرکت مستقیمهٔ منفصله ایله متحرك اولور . اشبو ترکیبده چویره‌جکك طولی پیستون سعه‌سنك نصفی اولدیغی درکاردر .

(شکل ۲۷)



٤٦ — . نقطهٔ وفاتلر . ب ح چبوغی اعانه‌سیله حرکت نقل اولندیغی زمان چویره‌جك (شکل ۲۷) د هـ و د هَ مثللو قول ایله برخط مستقیم استقامتنه تصادف ایتدکده چویره‌جکك اثری محورك مقاومتیله معطل قالوب بوسببدن ایکی (هـ ، هَ) وضعیتلرینه نقطهٔ وفات تسمیه اولنور .

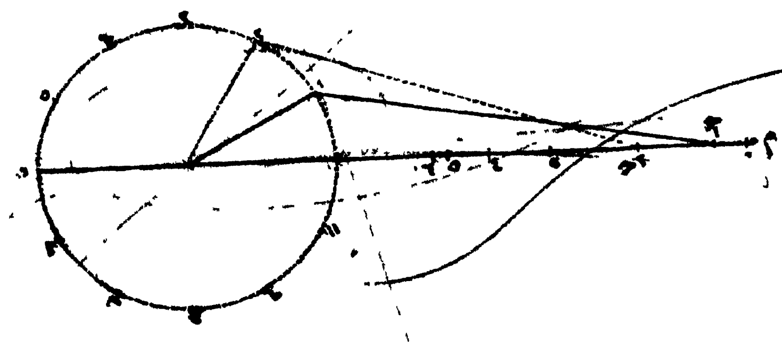
ماکنه حرکتده اولدیغی زمان محوره مناسب برپروانه ربط ایدلمش ایسه سرعت مکتسبه‌دنطولایی چویره‌جك نقطهٔ وفاتلری مرور ایده‌بیلوب لکن ماکنه توقف ایتدیکی زمان قول نقطهٔ وفاتلرك بریسنده بولنه‌جق اولور ایسه ب ح چبوعنه تأثیر ایدن محرك آلتی حرکت حالنه کچیره‌میوب پروانه‌یی برمقدار دوندیرمك اقتضا ایدر . بوحالده قول وچویره‌جك ارتق برخط مستقیم

استقامتندن ایریله‌جقلرندن محرکك تأثیری آلتی حرکت حالنه وضع ایده‌بیلور . چویره‌جك قول ایله ایکی ʹه و ʺه وضعیتلرنده زاویهٔ قائمه احداث ایدوب اثر اعظمی حاصل اولور . لوقوموتیولرده عینی دینکل اوزرینه بینلرنده زوایهٔ قائمه احداث ایدن ایکی دیرسك یعنی چویره‌جك استعمال اولنه‌رق پیستونك اثری تنظیم و نقطهٔ وفاتلردن اجتناب ایدیلور . بو چویره‌جکلردن بری کندی نقطهٔ وفاتنده بولندیغی زمان دیکری اثر اعظمی نقطه‌سی جوارنده بولنوب برنوع موازنه حاصل اولور .

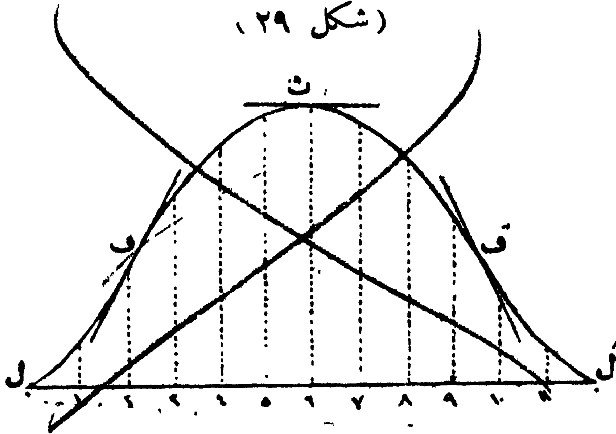
حرکت پروانه واسطه‌سیله نقل اولنیور ایسه قول اوزرینه محرکك اثری چویره‌جکك رسم ایلدیکی محیط دائره‌یه مماساً تأثیر ایده‌جکندن ارتق نقطهٔ وفاتلر موجود بولنمز ایسه‌ده لکن ایکی اثر اعظمی نقطه‌سی ینه موجود بولنور .

منحنئ مصور حرکتلر (شکل ۲۸ و ۲۹) ده مرسومدر .

(شکل ۲۸)



(شکل ۲۹)

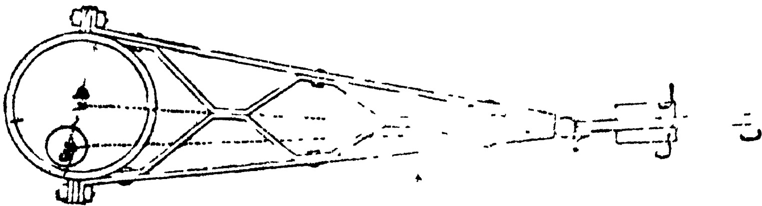


§ ٥ اکسانتریك یاخود قاملر .

٤٧ — . اکسانتریك یاخود قاملر علی العاده برحرکت مستدیرهٔ متصله‌یی برحرکت مستقیمهٔ منفصله‌یه تحویل خصوصنده استعمال اولنورلر . بونلرك پروفیللری حاصل ایده‌جکلری حرکت مستقیمه‌یه نظراً تعیین اولنور .

٤٨ — . دائره‌وی اکسانتریك — (شکل ۳۰) بونوع

(شکل ۳۰)



اکسانتریك دائره شکلنده برطبله‌دن عبارت اولوب ء محرك محورینه هـ مرکزی خارج بولنمق اوزرنده ربط اولنمشدر .

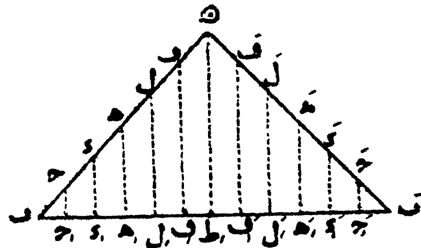
بوطبله بربیلزیك ایله احاطه اولنوب بوكا دخی ح نقطه سنده اکسانتریکك تحریك ایده‌جکی ح ب چبوغنه مفصللی اوله‌رق مربوط اولان چرچیوه تثبیت اولنور ل و لَ قلاغوزلری دخی ب ح چبوغنك برخط مستقیم اوزرنده حرکتنی حاصل ایدرلر.
ب ح چبوغی بر ءه چویره‌جکی و هه قولی واسطه‌سیله نه وجهله تحریك اولنور ایسه بوترتیب آنك عینی اولدیغی بالسهوله کوریلور یالکز بوترتیبده حرکت ایکی جهتلی دکلدر. بیلزیکك طبله اوزرینه دلکی زیاده اولدیغندن ب ح چبوغی اکسانتریکی حرکت ایتدیره‌مز از قوته احتیاج حاصل اولدیغی زمان اشبو ترتیب کثیرالاستعمالدر چونکه اغاجك هرقنغی برمحلنه بالسهوله طاقیله‌بیلوب قول ایله چویره‌جکده اولدیغی کبی محوره دیرسك اعماله لزوم قالمز.

٤٩ — یورك شکلنده قاملر — اشبو نوع قام یاخود اکسانتریکلر برحرکت متساویه ومستدیرهٔ متصله‌یی ینه برحرکت متساویه و مستقیمهٔ منفصله‌یه تحویل خصوصنده استعمال اولنورلر.

بووجهله برحرکت متساویه حاصل ایده‌جك قامك پروفیلنی ترسیم ایچون (شکل ٣١) هرقنغی بر ب بَ خطنك ط منتصف نقطه‌سندن برعمود اخراج وبونك اوزرنده چبوغك سعهٔ حرکتنه مساوی ط ە بعدی قطع ایله ە نقطه‌سی ب بَ

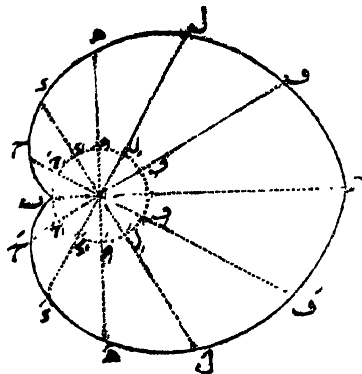
نقطه‌لرینه وصل و ب‌بَ هرقنغی اقسام متساویه‌یه مثلا اون

(شکل ٣١)



ایکی قسمه تقسیم اولنور . بوندنصکره (شکل ٣٢) قامه ویریله‌جك الڭ اصغر ثخنه مساوی نصف قطرده بر دائره ترسیم

(شکل ٣٢)

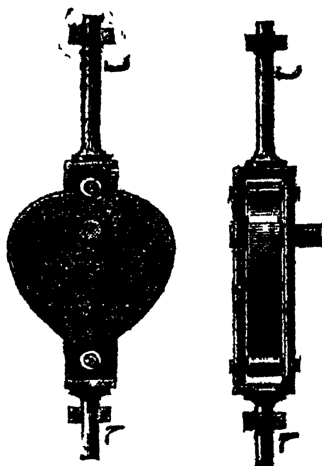


وبودائره دخی کذلك اون ایکی قسمه تقسیم اولنه‌رق تقسیمات نقطه‌لرینی م مرکزینه وصل ایدن نصف قطرلر استقامت اوزره اخراج اولنورلر ب‌بَ خطنك دخی تقسیمات نقطه‌لرندن

اخراج اولنان ج خ ، ۶ ء ، ..... عمودلرینه متناظراً مساوی
(شکل ٣٢) نصف قطرلرك اخراجی اوزرنده ج ح ، ۶ ء ...
بعدلری قطع اولنـه‌رق حاصل اولان نقطـه‌لر وصل اولندقده
قامك پروفیلی ایچون انتخـاب اولنه‌جق منحنی ترسیم اولنمش
اولور اشـبو منحنی (هندسـه‌ده کورلدیکی اوزره) « ارشیمت
اسپیرالی » قوسندن عبارتدر .

٥٠ — • یورك شکلنده بولنان قاملر قلاغوزلر آره‌سـنده
متحرك اولان چبوغه برحرکت متسـاویه اعطـا ایتمك فائده‌سنی
جامعـدرلر . لکن (شکل ٣٢) ب و ۵ نقطه‌لرنده سرعتك
بردنبره تبدل ایتمسی محذوری دخی موجوددر .
دلك وتمـاسی تنقیص وتماسده بولنـان پارچه‌لرك اسـکیوب
آشنملری محذورینی برطرف ایتمك ایچـون (شـکل ٣٣)

(شکل ٣٣)



کوچك برتکرلك اعانه‌سیله ب ح چبوغی اکسانتریك اوزرینه استناد ایتدیلور .

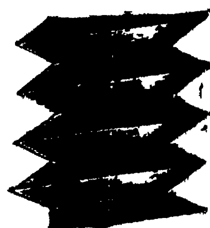
چبوغك صعودی اثناسنده اکسانتریك فوقانی تکرلك اوزرینه ونزولی اثناسنده تحتانی تکرلك اوزرینه اجرای تأثیر ایدر .

§ ٦ ویده .



٥١ — . ویده . (هندسه‌ده بیان اولندیغی وجهله) سطح حلزونی شکلنده قبارتمه زیهلری حاوی بر اسطوانه‌دن عبارت اولوب بوزیهلر برمثلث ویا بر مربعدن تشکل ایتدیکنه کوره ویده (شکل ٣٤) مثلثی ویا (شکل ٣٥) مربعی ویده اولور .

(شکل ٣٤)

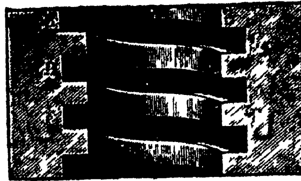


(شکل ٣٥)



دیشی ویده (شکل ٣٦) تماماً ویده‌نك دیشلری کیره بیله جك وجهله داخلاً اویولمش بر م ە پارچه‌سدن عبارتدر .

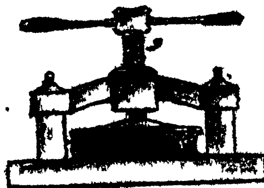
(شکل ٣٦)



٥٢ — ٠ ویده عمومیتله برحرکت مستدیرهٔ متعلهیی برحرکت مستقیمهیه تحویل خصوصنده استعمال اولنوب اشبو تحویلی غایت دقیق وصحیح صورتده اجرایه مساعد بولندیغندن تقسیم آلتی « اسفرومتره » وسائره مثللو برطاقم دقیق آلتلرده استعمال اولنور .

بعضکره دیشی ویده ثابت اولوب ویده دوران ایدرك محوری جهتنده دیشی ویدهسنك درونته نفوذ ایدر .
(شکل ٣٧) ده قوپیه منکنهسی ودها سائر تضییق آلتلرنده اولدیغی کبی .

(شکل ٣٧)



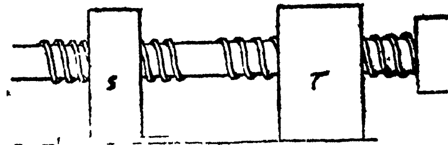
دیکر بعض آلتلرده دخی ویده کندی محوری اوزرنده دوران ایدوب دیشی ویده حرکت مستقیمه ایله حرکت ایدرصریه فرتلرنده

ورنده ماکنه‌لری وسائره‌ده اولدیغی کبی .

٥٣ —. سرعتلر بیننده‌کی نسبت —. قوت طولی ل اولان برمانوله قولنك نهایتندن تأثیر ایدوب ویده برکره دور ایتدیکی زمان دیشی ویده ح ایله ارائه اولنان خطوهٔ هلزون قدر حرکت ایدر قوتك قطع ایلدیکی مسافه دخی ٢ π ل ومقاومتنکی ح اولدیغندن الك و یوکك سرعتلری سَ ،س ایله ارائه اولندقده $\frac{سَ}{س} = \frac{٢ \pi ل}{ح}$ اولمش اولور .

٥٤ —. پرونینك تفاضلی ویده‌سی . غابت بطی بر حرکت استحصال ایتمك ایچون (پرونی) عینی برویده اسطوانه‌سی اوزرینه حطوه‌لری مختلف فقط عینی جهتده ایکی ویده اعمالنی تصور ایتمشدر . (شکل ٣٨) اکر د دیشی

(شکل ٣٨)

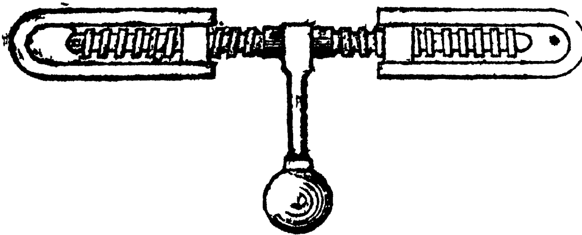


ویده سی ثابت ایسه ویده برکره دور ایتدیکی زمان حرکت دورانیه‌نك جهتنه کوره ح دیشی ویده‌سی ایکی ویده نك خطوه‌لری بیننده‌کی تفاضل قدر د دیشی ویده‌سنه تقرب ویا تباعد ایده‌بیلوب بوتفاضل استدیلدیکی قدر تنقیص اولنه‌بیلور . قالدیکه عادی ویده خطوه سی برحد معلومدن دها دون اعمال اولنه‌مز . بوصورتده سرعتلر بیننده‌کی نسبت $\frac{سَ}{س} = \frac{٢ \pi ل}{ح - حَ}$ اولمش اولور .

٥٥ —. قبارتمه‌لری معکوس اولان ویده —. بوو یده‌نك اسطوانه‌سی جهتلری معکوس ایکی ویده قبارتمه‌سنی حاوی اولوب عینی برترنك واغونلرینی برلشدیرمك ودها سائر خصوصاتده استعمال اولنور .

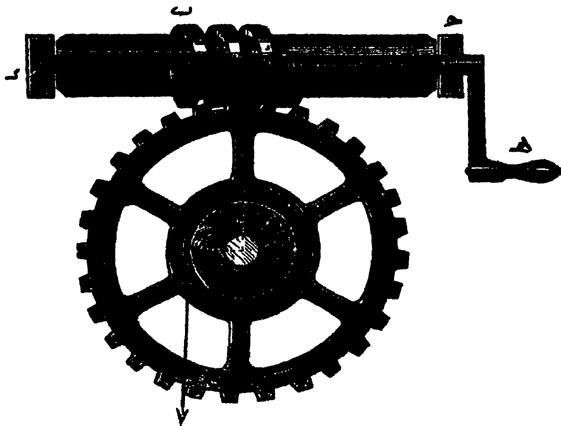
(شکل ۳۹) و یده بردور اجرا ایتدیکی زمان دیشی ویده‌لر و یده خطوه‌لری مجموعی قدر یکدیکر یـــه تقرب و یا تباعـــد ایدرلرکه بوصورتده سرعتلری بیننده‌کی نسبت $\frac{س'}{س} = \frac{٢ \pi ل}{ح + ح}$ اولمش اولور .

(شکل ۳۹)



٥٦ — . نهـایتسز ویده . (شـــکل ٤٠) بر ب ویده‌سی محوری اطرافنده دوران ایتـــدیکی زمان برچرخك دیشـــلریله

(شکل ٤٠) .



ویده‌نك قبارتمه‌سی یکدیکریله تداخـــل ایده‌رك مذکور چرخك

حركت مستديره‌سی استحصال اولنورکه بو ترتیبه نهایتسز ویده‌دینور .

نهایتسز ویده برحرکت مستدیرهٔ متصله‌یی زیاده بطی و برنجی حرکتك مستویسنه عمود اولان برمستویده دیکر برحرکت مستدیرهٔ متصله‌یه ویاخود محوره مربوط برچیقریغك اوزرینه صاریلان رایپ واسطه‌سیله یوکك حرکت مستقیمه‌سنه تحویل ایدر .

۵۷ — . سرعتلر بیننده‌کی نسبت — . قولك طولی ل ویده‌نك خطوه‌سی ح دیشلی چرخك نصف قطری ر وچیقریغك نصف قطری ر′ اولسه ویده قول بر کره دور ایتدیکی زمان چرخی طولی ح یه مساوی بر قوس قدر حرکت ایتدیرر . چیقریغك دوران ایتدیکی قوسك مقدارینك چرحك دوران ایتدیکی قوسه نسبتی ر′ نك ر یه نسبتی کبی اولوب بوجهتله یوك $ح \times \frac{ر'}{ر}$ قدرحرکت ایتمش اولور . بوندن سرعتلر بیسده اولان نسبت $\frac{س'}{س} = \frac{۲\pi ل}{\frac{ر'}{ر}\times ح}$ ∴ $\frac{س}{س'} = \frac{۲\pi ل ر}{ح ر'}$

اوله‌رق : یوکك سرعتی الك سرعتندن پك از اولدیغی کوریلور .



فصل ثانی

مبحث قوت

قوت وموازنته دائر معلومات ابتدائیه

§ ۱ عطالت اجسام , تأثیر وعکس التأثیرك مساواتی

٥٨ — • برنجی اساس • عطالت اجسام (کپلر) — (۱)° سکونده بولنان برنقطهٔ مادیه کندی کندینه حرکت حاله کچه‌مز (۲)° برنقطهٔ مادیه حرکتده ایسه سرعتك نه استقامت ونه مقدارینی تعدیل ایده‌بیلوب بو جهتله اکر اسباب خارجه موجود دکل ایسه حرکتی متساویه ومستقیمه اولور .

برنجی قانون آشکار ایسه‌ده ایکنجی قانون تجربه‌نك خلافی کوریلور چونکه حرکتده کوردیکمز جسملرك کافه‌سنك حرکتلری ار آله‌رق نهایت توقف ایتدکلری معلومدر . الحق بوحال دلك وجسمك درونده حرکت ایتدیکی واسطه‌نك مقاومتی وسائر اسباب خارجه‌دن ایلرو کلوب بونلر نقدر تنقیص اولنور ایسه حرکتك اولقدر زیاده دوام ایتدیکی کورلدیکندن اسباب مذکوره‌نك بسبتون برطرف ایدیله بیلمسی حالنده سرعتك دخی ثابت قاله‌جغی اکلاشیلور .

عطالت اجسام برطاقم حادثه‌لر افهام ایدر : ...

باشلانجه داخلنده ایاقده بولنسان بر آدمك ایاقلری عربه ایله ایلرویه سوق اولنوب وجودینك قسم علیاسی ایسه یرنده قالدیغندن کیرویه طوغری برحرکت آلمغه مجبور اولور . عربه طوردیغی زمان ایسه عکسی حال واقع اولور .

حرکتده بولنان برعربه‌دن احتیاطسزجه آطلامق تهلکه‌لی اولوب زیرا ایاقلر طوپراغه طوقندیغی زمان وجودك قسم علیاسی دها هنوز اقدمجه الدیغی سرعتله حرکتده دوام ایده‌جکندن حرکتك درجهٔ سرعتی نسبتنده برقوتله طوپراغه چارپیلور

٥٩ — • ایکنجی اساس . تأثیر وعکس التأثیرك مساواتی (نوتون) . « هرنه زمان برنقطهٔ مادیه دیکر بر نقطهٔ مادیه اوزرینه تأثیر ایتسه بوایکنجی نقطه دخی برنجی نقطه اوزرینه مساوی ومخالف بر قوتله اجرای تأثیر ایدر » — ال ایله بر تره بزه اوزرینه تضییق اولندیغی زمان تره بزه‌نك دخی اله برتضییق اجرا ایتدیکی حس اولنور . — . برخلاط ایله ساحلده بولنان برماده‌یی جر ایدن برکمینك بالعکس ساحله تقرب ایتدیکی کوریلور .

اکر عکس التأثیریله طوپراغك مقاومتی اولمسه اوزرنده حرکت اولنه‌میه‌جغی کبی متحرك برزمین ویاخود قایان برسطح اوزرنده یورومکده دخی مشکلات کوریلور . کذلك لوقوموتیو

تکرلکلری رایلر ایله تماس وواقع اولان مقاومتــدن طولایی واغونلر ایلرویه حرکت ایدرلر .

قوتلر وصورت مساحه‌لری

٦٠ — • حرکتی حاصل ویا تعدیل ایدن کافهٔ اسبابه « قوت » دینور . قوتلرك جنس وطبیعتلری مختلف اولوب ثقلت حرارت تأثیرات القتریقیــه ، تأثیرات جزؤ فردیه وســائره قــوتدن معدوددرلر .

برقوتده اوچ شی ملاحظــه اولنوب (١)° نقطــهٔ تطبــیق یعنی قوتك تأثیر ایتــدیکی فرض اولنــان نقطــهٔ مادیه (٢)° قوتك استقامت وجهتی یعنی یالکز قوتك تحت تأثیرنده فرض اولــنان نقطهٔ تطبیقك حرکتنك استقامت وجهتی (٣)° قوتك شدتی یعنی واحد قیاسی اعتبار اولنان دیکر برقوته نسبتیدر .

عینی شرائطده عینی آثار حاصل ایدن قوتلره « مساوی قوتلر » دینلدیکی کبی عینی نقطهٔ مادیه‌یه عکسی جهتلردن تأثیر ایتدکلری زمان بو نقطه‌یه هیچ بر حرکت ویره‌میــان قوتلره دخی کذلك « مساوی قوتلر » تسمیه اولنور .

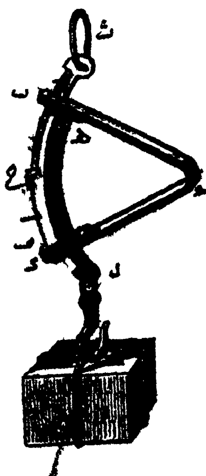
برقوت عینی شرائطــده دیکر ایکی ویا اوچ قوتك عینی اثرینی حاصل ایده بیلور ایســه برنجی ایکنجینك ایکی ویا اوچ مثلیدر دینلور . — قوتلر مقادیر سائره مثللو اولچیله بیــلوب بوجهتله

عدد ایله تخمین اولنه‌بیلورلر . برقوتی اولچمك واحد قیاسی اولان دیکر قوتله مقایسه ایتمك یعنی شدتنی تقدیر ایتمك دیمکدر . قوتلر ثقلت ایله مقایسه اولنوب بومقایسه ایچون دینامو متره‌لر استعمال اولنور . بو جهتله قوتلرك دخی واحد قیاسیسی ثقلت مثللو کیلوغرام اولمش اولور .

٦١ — • دینا مومتره‌لر . قوتلری اولچمکه تخصیص اولنان آلاتدر . بو آلتلر تطبیق اولنان قوتك تحت تأثیرنده اکیلمه‌سنك درجه‌سی تخمین اولنه‌بیله‌جك یایلردن متشکل اولوب باشلیجه‌سی « پورون » و « رنییه‌لك » دینامو متره‌سی وسائردن عبارتدر .

پوزون — . (شکل ٤١) ایکی معدنی قوسی حامل اولان

(شکل ٤١)





ب ح ء يايندن مركب اولوب بونلردن ﻫ قوسى يوقارودەكى قولك ﻫ نقطەسنە ربط اولنەرق آلتدەكى قولدن مرور واولچيلەجك قوتك تطبيق اولنەجغى بر ل چنكلنى حاوى بولنور ديكر ى ث قوسى ف محلندە آلتـدەكى قولە مربوط اولوب يوقارودەكى قولك دروندن كچەرك التى تعليقە مخصوص اولان بر ث حلقەسنە منتهى اولور بر ح اوكچەسى دخى آلتـك الستيقيتنى تجـاوز ايتمسـنە مانع اولور . ديناموترەيى درجەلمك ايچون چنكلە متعاقباً ١،٢،٣،٠٠٠ الخ كيلوغرام ثقلتلر تعليق اولنوب ف قولنك وث قوسى اوزرندە كلديكى نقطەلر اشارت اولنور .

ديكر بر « پورون » (شكل ٤٢) ب محلنـدە ر حلقەيە منتهى

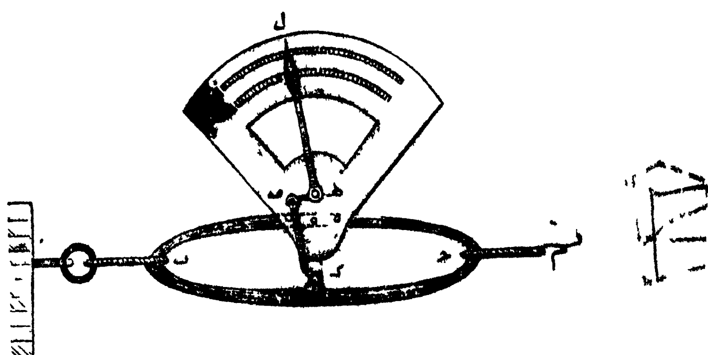
(شكل ٤٢)



اولان چبوغە مربوط بريايدن تركب ايدوب يايك محفظەسـنە اولچيلەجك قوت تطبيق اولنمق ايچون برچنكل مربوط بولنمشدر.

رنیه‌نك دینامومتره‌سی — (شكل ٤٣) رنیه‌نك دینامومتره‌سی بیضی الشكل بر یایدن عبارت اولوب بو یایك حركتی سعه‌سی زیاده‌جه اولمق اوزره حركت ایدن برابره‌یه سرایت ایدر .

(شكل ٤٣)



بر ه محوری اطرافنده متحرك اولان اشبو ه ابره‌سی ى نقطه‌سنده مفصللی اوله‌رق یایه مربوط بر ف ى چبوغنه كذلك مفصللی اوله‌رق ربط اولنان كوچك بر ف ه قولنی حاملدر .

بیوك قوتلری اولچمك ایچون الت بر نقطهٔ ثابته‌یه ربط اولنوب قوت ح جهتندن تأثیر و ح م جهتنده یایی جر ایدركه قوتك شدتی جر اشارتیله كوستریلان تقسیمات اوزرنده اوقنور .

كوچك قوتلر ى ه جهتنده یایك ایكی قولنی بربرینه یاقلاشدیره‌جق وجهله ى محلنده تأثیر ایتدیریلوب قوتك شدتی دخی بوحالده تضییق مقیاسی اوزرنده قرائت اولنور .

برقوت برخط مستقیم ایله كوستریله بیلور بووجهله (شكل ٤٤) ب نقطه‌سنه تطبیق اولنوب ب ف خطی استقامتنه متوجه

بولنان برقوت ب‍ف خط مستقیمیله ارائه اولنور ب‍ف طولی

(شکل ٤٤)



انتخاب اولنان واحد قیاسی‌یه نسبت ایدلدکده ۰ه قوتنك مقدار وشدتنی اعطا ایدر .
قوای متعدده برنقطهٔ مادیه‌یه تطبیق اولندقلری حالده بونقطه‌نك حال سکون ویا حرکتنی تعدیل ایده‌مزلر ایسه قوای مذکوره یکدیگریله — موازنت — حاصل ایتمشلر دینلور . اکثریا قوتلر موازنت حاصل ایتمشلر دینله‌جك یرده بربرینی محو ایتمشلر دخی دینلوب بوایکنجی تعبیر هرنقدر غیر صحیح ایسه‌ده ینه علی الاکثر استعمال اولنور .

§ ۲ اوچنجی اساس — حرکت اضافیه

٦٢ —• برجسمه تطبیق اولنان قوتك اثرینك جسمك حال سکون وحرکتنه غیر تابع اولدیغی (غالیله) .—. برنقطهٔ مادیه اوزرنده برقوتك اثری بونقطه‌نك اولجه کسب ایتدیکی حرکته غیر تابعدر . بو اساس اکثریا حرکت اضافیه قانونی نامیله یاد اولنور زیرا بواساسه نظراً نقاط مختلفه‌دن مرکب برهیئت حرکتده بولنوب نقطه‌لرندن بری هیئتك حرکتنی حاصل ایدن قوتلردن بشقه برقوتك تحت تأثیرنده بولنسه بونقطه‌نك دیگرلرینه نسبتله حرکت اضافیه‌سی هیئت سکونده بولندیغی زمان مذکور قوتك

تأثیریله آله‌جغی حرکتك عینیدر بواساسدن مستبان اولان بعض بر مهمه بروجه آتی ذکر اولنور .

برقوت ثابته‌نك حاصل ایده‌جکی حرکت

٦٣ . — برقوتك استقامت وشدتی تبدل ایتمز ایسه « قوت ثابته » تسمیه اولنور برقوت ثابته‌نك برحرکت متزایدهٔ منتظمه حاصل ایده‌جکی بروجه آتی ارائه اولنور .

اول امرده نقطه سکونده بولندیغی فرض اولنه‌رق برنجی واحد قیاسیء زمان نهایتنده قوت ثابته‌نك نقطه‌یه اعطا ایده‌جکی سرعت س اولسه : اکر بوآندن اعتباراً قوت تأثیردن فارغ اولسه (§ ٥٧) عطالت اجسام اساسنه نظراً نقطهٔ مادیه‌س سرعتیله وبرحرکت متساویه ایله حرکته دوام ایدر . قوت ایکنجی واحد قیاسیء زمان ظرفنده تأثیر ایدوب نقطه سکونده کبی اثرینی حاصل ایده‌جکندن متحرکه یکی بر س سرعتی اعطا ایدر . اشبو یکی سرعت (سرعت مکتسبه) یه علاوه اولنه‌رق ایکنجی واحد قیاسیء زمان نهایتنده متحرك ٢ س سرعتی حائز اولور. عینی وجهله بر اوچنجی واحد قیاسیء زمان نهایتنده ٣س و م واحد قیاسیء زمانی نهایتنده م س سرعتنی حائز اوله‌رق یعنی سرعت زمانلر ایله متناسب بولنمغله حرکت متزایدهٔ منتظمه اولور بوندنبشقه قوت استقامتجه ثابت قالدیغندن حرکت مذکوره « مستقیمه » اولور .

٦٤ —. ثانیاً نقطهٔ مادیه برسرعت ابتدائیه ایله متحرك بولنور ایسه : قوت سرعت ابتدائیه‌نك جهتنده ویاخود مخالفنده تأثیر ایده‌بیلور . (١)° اکر قوت سرعت ابتدائیه‌نك جهتنده تأثیر ایدر ایسه حرکت متزایدهٔ منتظمه اولور .

سرعت ابتدائیه ب وبرثانیه نهایتنده قوتك متحرکه اعطا ایلدیکی سرعت ح اولسه مادهٔ سابقه‌ده اولدیغی کبی ملاحظه اولنه‌رق برنجی ثانیه نهایتنده متحرکك س١ سرعتی ب سرعت ابتدائیه‌سیله قوتك برنجی ثانیه نهایتنده اعطا ایلدیکی ح سرعتنك ترکیبندن عبارت اولوب بوسببدن

$$س_1 = ب + ح$$

$$\text{وکذا} \quad س_2 = ب + ٢ ح$$

. . . . . .

. . . . . .

$$س_م = ب + م ح$$

اولوب حرکت دخی (١١ §) مقدار تعجیلی ح دن عبارت برحرکت متزایدهٔ منتظمه اولمش اولور .

(٢)° قوت سرعت ابتدائیه‌نك مخالفی جهتندن تأثیر ایدر ایسه حرکت متناقصهٔ منتظمه اولور .

سرعت هرثانیه‌ده تناقص ایتدیکندن سبقت ایدن دستورلرده ح یرینه — ح وضع اولنمق لازمکلوب بوحالده

$$س_{1} = ب - ح$$

$$س_{2} = ب - ٢ح$$

. . . . . .

. . . . . .

$$س_{م} = ب - م ح$$

حاصل اولور (§ ١١) حركت متناقصهٔ منتظمه اولمش اولور .

٦٥ — . تنبيه ١ — . اجسامى مركز ارضه طوغرى جذب ايدن « ثقلت » برقوت ثابته‌در . فى‌الحقيقه خلاده ثقلتك تأثيرينه ترك اولنمش اولان برجسم (§ ١٦) حركت متزايدهٔ منتظمه ايله سقوط ايدر بوجهتله هرمحلده وزنى يعنى ثقلتى سببيله برمانع اوزرينه جسمك اجرا ايلديكى تضييق بر قوت ثابته ديمك اولور .

٢ — . يالكزجه برجسم اوزرينه تأثير ايدن برقوت بو جسمه برحركت متساويه اعطا ايده‌من .

حركت متساويه اولا قوتك تأثيردن فارغ اولمسيله جسمك كندى سرعت مكتسبه‌سيله حركته دوام ايتمسى ثانياً قوهٔ محركه‌نك مقدار تعجيلى دلك وياخود سائر برسببله ابطال اولنمسى حاللرنده حصوله كلور بوسببدن : برجسمه تطبيق اولنان قوتلر موارنده بولنمدقلرى حالده بوجسم حركت متساويه ايله حركت ايده‌من .

افقى بر يول اوزرنده بر عربه‌نك مساوى بر سرعتى محافظه

ایده‌بیلمسی ایچـون قوهٔ محرکه‌نك غلبه اولنه‌جق مقاومته دائمـا
مساوی اوله‌رق جر ایتمسی اقتضا ایدر . اگر زیاده ایسه حرکت
متزایده اولور . اگر دلك از ایسـه رایلر اوزرنده حرکت
ایدن واغونلرده اولدیغی کی قوهٔ محرکه دخی تناقص ایدر .

§ ۳ قوتلرك اثرلرینك استقلالیتی

٦٦ —. دردنجی اساس . متحـدالوقت قوتلرك هر بری
اثرلرنده مسـتقل اولدقلری (غالیـله) . — هرنه زمان قوای
متعـدده بر آنده برنقطهٔ مادیه اوزریه تأثیر ایتسـه‌لر هر بری
دیگرلری موجود دگل کبی اثرلرینی حاصل ایدرلر .

٦٧ —. (دعوی) — . ایکی قوت ثابتـه متعاقباً بر نقـطهٔ
مادیه‌یه تطبیق اولندقده حاصل ایده‌جکلری مقـدار تعجیللرك
بربرینه نسبتی قوتلرك بربرینه نسبتی کبیدر .

ق ، قَ ایکی قوت ثابته ه و هَ حاصـل ایده‌جکلری مقدار
تعجیل اولوب هرقنغی بر ف مقداری ق قوتنده م و قَ قوتنده
مَ دفعه داخل بولنسه ق = م ف و قَ = مَ ف ∴ ق / قَ = م / مَ
اولور . اگر ملاحظه اولنان نقطه‌یه ف قوتی تطبیق اولندقده
حاصل اوله‌جق مقدار تعجیل ب اولسه م قدر ف قوتی بر آنده
اشبو نقطه‌یه تطبیق اولندقده دردنجی اساسه نظراً ب ف مقدار
تعجیلی حاصل اولوب ق قوتنك حاصل ایده‌جکی مقدار تعجیل
دخی بوصورتده م ب وعینی وجهله قَ قوتنك حاصل ایده‌جکی

مقدار تعجیل دخی مَ ب اولمغله $ه = م ب$ و $هَ = مَ ب$ یاخود

$\frac{ه}{هَ} = \frac{م}{مَ}$ اولوب بوسیدن $\frac{ں}{ںَ} = \frac{ه}{هَ}$ اولوب مطلوب حاصل اولور .

ں قوتی نقدر کوچك اولور ایسه اولسون بودعوا صحیح اولدیغندن قوتلر یکدیکر یله غیر مشترك المیزان اولدیغی زمان دخی صحیح اولمش اولور .

٦٨ — . $\frac{ں}{ںَ} = \frac{ه}{هَ}$ نسبتی $\frac{ں}{ه} = \frac{ںَ}{هَ}$ وجهله یازیله بیلور .
اکر نقطهٔ مادیه اوزرینه براوچنجی ںً قوتی دخی تطبیق اولنسه $\frac{ں}{ه} = \frac{ںَ}{هَ} = \frac{ںً}{هً}$ اولوب یعنی برجسمه تطبیق اولنان برقوت ایله مقدار تعجیلی بینده کی نسبت ثابت اولمش اولور .
اکر قوتلردن بری جسمك وزنی ایسه مقدار تعجیل ث اولوب وزن (ك) ایله اشعار اولندقده $\frac{ں}{ه} = \frac{ك}{ث}$ اولهرق بوسیدن

$ں = \frac{ك}{ث} \cdot ه$ اولمش اولور .

٦٩ — . برجسمك جوهری — . بوجسمه تطبیق اولنان هرقنغی برقوت ایله بوقوتك حاصل ایده‌جکی مقدار تعجیل بینده‌کی نسبت ثابته‌دن عبارتدر . بوصورتده برجسمك جوهری ج ایله اشعار اولندقده $ج = \frac{ں}{ه} \therefore ں = ج \cdot ه$ اولوب یعنی برقوت تطبیق اولندیغی جسمك جوهریله بوجسمه

اعطا ایده‌حکی مقدار تعجیلك حاصل ضربندن عبارتدر .

هرنه زمان قوت جسمك وزنی ایسه عینی وجهله ح = $\frac{ك}{ث}$ بولنور ایمدی برجسمك وزنی کیلوغرام وثقلتك مقدار تعجیلی متره اولدیغندن بونلری بربرینه نسبت ایتمك ایچون هر بر ینی عدد مطلق کبی ملاحظه ایتمك لازمکلوب بو جهتله « جوهر » دخی کذلك برعدد مطلقدن عبارت بولنمش اولور .

٧٠ —. تبصره ١ . عینی بر محلده اجسامك جوهرلری وزنلریله متناسبدر .

فی الحقیقه ح = $\frac{ك}{ث}$ دستورندن ك = ح ث و عینی وجهله دیکر بر جسم ایچون كَ = حَ ث اولمغله بورادن $\frac{ك}{كَ}$ = $\frac{ح}{حَ}$ اولور .

بوصورتده اجسامك جوهرلری وزنلرندن مساحه اولنه‌بیلور .

٢ —. جسمك موضوع بولندیغی محل نه اولور ایسه اولسون جوهری تبدل ایتمز .

فی‌الحقیقه اکر ثقلت تبدل ایدر ایسه (§ ٦٧) وزن ومقدار تعجیل متناسباً تحول ایدوب بوجهتله بینلرنده‌کی نسبتدن عبارت اولان جوهر ثابت قالمش اولور .

٧١ —. واحد جوهر —. $\text{ق} = \frac{\text{ش}}{\text{ه}}$ دستورنده ح = ١ وضع اولندقده ١ = $\frac{\text{ش}}{\text{ه}}$ ∴ ه = ق اولوب یعنی برجسمه برقوت تطبیق اولنوب بوقوت اعطا ایلدیکی مقدار تعجیلك

عددیله افاده اولنور ایسه مذکور جسمك جوهری واحد جوهر اولمش اولور .

اکر جسمه تطبیق اولنان قوت کندی وزنی ایسه ں = ه دستوری ك = ث شکلنی اخذ ایدوب یعنی هرقنغی برمحلده واحد جوهرك وزنی بو محلده ث نك قیمتی عددیله افاده اولنور بوصورتده : واحد جوهرك وزنی ۹,۸۰۸۸ کیلو غرامدن عبارتدر .

ں/ه = ح دستورنده ں = ۱ و ه = ۱ وضع اولنسه ح = ۱ اولوب واحد جوهر کذلك بروجه آتی تعریف اولنه‌بیلور برکیلوغرام شدتنده برقوتك تحت تأثیرنده برمتره مقدار تعجیل اخذ ایدن جسمك جوهری « واحد جوهر » در.

۷۲ — . (دعوی). قوای ثابته تأثیر ایتدکلری جسملرك جوهرلرینك حاصل ایتدکلری مقدار تعجیللره حاصل ضربلریله متناسبدرلر ح و ح′ جوهرلری اوزرینه تأثیر ایدن قوتلر ں و ں′ ومتناظر مقدار تعجیللر ه و ه′ اولسه ں/ه = ح و ں′/ه′ = ح′ ∴ ں = ح ه و ں′ = ح′ ه′ بورادن ں/ں′ = ح ه/ح′ ه′ اولوب مطلوب ثابت اولور .

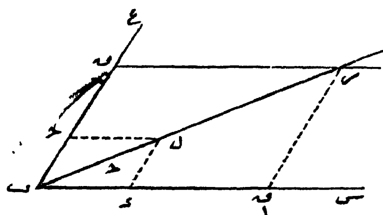
ں = ں′ اولسه ح ه = ح′ ه′ ∴ ه/ه′ = ح′/ح اولوب یعنی ایکی مساوی قوت مختلف جوهرده ایکی جسمه تطبیق اولنسه‌لر حاصل ایده‌جکلری مقدار تعجیللر جوهرلر ایله معکوساً متناسب اولور .

§ ٤ قوتلرك تركيبى

٧٣ —• ایکی قوت بر آنده عینی بر نقطهٔ مادیه‌یه تطبیق اولنسه‌لر بوقوتلر یرینه عینی اثری حاصل ایتمك اوزره یالکز برقوتك وضع واقامه‌سی ممکن اوله‌بیلوب بوقوته « قوهٔ حاصله » ومذکور قوتلره « مرکبلری » تسمیه اولنور .

دعوی — (شکل ٤٥) بر ب نقطهٔ مادیه‌سی اوزرینه

(شکل ٤٥)



بر آنده تأثیر ایدن ایکی ه و ه‌٫ قوتی ب ه‌٫ ر ه متوازی الاضلاعنك ایکی ب ه و ب ه‌٫ ضلعلریله اشعار اولنسه‌لر بونلرك ر حاصله‌سی مقدار واستقامتجه ب ر قطریله اشعار اولنور .

فی‌الحقیقه متحرکك جوهری ح اولسه ه قوتی سکونده بولنان نقطه اوزرینه تأثیر ایتدکده (§ ٦٣) برحرکت متزایدهٔ منتظمه واصغر بر ﻻ زمانی نهایتنده دستوراتی ایله افاده اولنان س سرعتنی اعطا ایدر (§ ٦٩)

(١) س = ه ﻻ یاخود س = $\frac{ه}{ح}$ ﻻ

عینی وجهله ه قوتی یالکزجه متحرکه تأثیر ایتدکده ﻻ زمانی

نهایتنده (٢) ٠٠٠٠ $ر_١ = \frac{ق_١}{ج}$ لا سرعتی اعطا ایدر بو سرعتلری اشعار ایتمك اوزره ب ه و ب ه١ خطلری اوزرنده ب ج , ب ء بعدلرینی قطع ایدهلم (§٦٦) قوتلر اثرلرنده مستقل اولدقلرندن اشبو ایکی سرعت بر آنده واقع اولوب متحرکك حرکت مطلقه‌سنك سرعتی بونلرك حاصله‌سندن یعنی (§ ٢٣) ب ج , ب ء خطلری اوزرینه مرسوم ب ج ل ء متوازی‌الاضلاعنك قطرندن عبارت بولنور. لکن ١ و ٢ مناسبتلرندنطولایی $\frac{ب ج}{ج ل} = \frac{س}{س_١} = \frac{ه}{ه_١} = \frac{ب ه}{ه ر}$ اولوب بوصورتده ب ج ل و ب ر ه مثلثلری مشابه اولملغله ل نقطه‌سی ب ر اوزرنده بولنور. سرعت حاصله $\bar{س}$ ایله اشعار اولندقده ینه مذکور مثلثلرك مشابهتندن $\frac{س}{ب ر} = \frac{س}{ه}$ اولوب (١) مناسبتندن ایسه $\frac{س}{ه} = \frac{٧}{ج}$ اولملغله $\frac{\bar{س}}{ب ر} = \frac{٧}{ج}$ ∴ $\bar{س} = \overline{ب ر} \cdot \frac{٧}{ج}$ اولور.

ایمدی نقطهٔ مادیه اوزرینه ب ر قطریله اشعار اولنان برقوت تطبیق اولنسه ١ و ٢ مناسبتلرینه نظراً متحرکه $\overline{ب ر} \times \frac{٧}{ج}$ ایله اشعار اولنان بر سرعت یعنی س و س١ سرعتلرینك $\bar{س}$ حاصله‌سنی اعطا ایده‌جکندن بوصورتده بو قوت ق، ق١ قوتلریله عینی اثری حاصل وبوجهتله قوهٔ حاصله مقدار واستقامتجه اشبو قطر ایله اشعار اولنمش اولوب مطلوب ثابت اولمش اولور.

٧٤ —. سرعت حاصله ایله مرکبلری بیننده‌کی مناسبات قوهٔ حاصله ایله مرکبلری بیننده دخی موجود بولنوب بوصورتده

$$\frac{ر}{\text{جب}\,(ب + ج)} = \frac{ق_١}{\text{جب}\,ب} = \frac{ق}{\text{جب}\,ج} \cdots \quad (١)$$

$$(٢) \cdots\cdot\; ر^٢ = ق^٢ + ق_١^٢ + ٢\,ق\,ق_١\,\text{جب}\,ب$$ اولور.

اكر مركبلر يكديكرينه عمود ايسه‌لر (٣) ... $ر^٢ = ق_١^٢ + ق_٢^٢$
$ق = ر جب ب$, $ق_١ = ر جب ح$ دستورلری حاصل اولور .
نتيجه — اكر قوتلر عينی استقامتده تأثير ايدرلر ايسه قوهٔ حاصله جهتلری بربرينك عينی وياخود عكسی بولنديغنه نظراً مجموع وياخود تفاضللرينه مساوی بولنور .

٧٥ — اكر متحركه برآنده قوای متعدده تطبيق اولنمش ايسه (§ ٢٦) ده سرعتلرك ذوكثيرالاضلاعی كبی قوتلرك ذوكثيرالاضلاعی ترسيم اولنه‌رق « قوهٔ حاصله » تعيين اولنور .

قوتلرك عددی اوچ اولوب برمستويده بولنمدقلری زمان (§ ٢٧) قوتلرك متوازی‌السطوحی ترسيم اولنه‌رق « قوهٔ حاصله » بولنور.
قوتلر ق , $ق_١$, $ق_٢$ وحاصله‌لری ر وبوحاصله‌نك مركبلر ايله احداث ايلديكی زاويه‌لر ب‌ا , ح , د ايله اشعار اولندقده $ر^٢ = ق^٢ + ق_١^٢ + ق_٢^٢$ و ق = ر جب ب , $ق_١$ = ر جب ح ،
$ق_٢$ = ر جب د اولمش اولور .

٧٦ — موازنت حالی . قوت ايكی اولوب بربرينه مساوی وجهتلری مخالف بولنديغی وقوای متعدده حالنده قوتلردن هرقنغی بری ديكرلرينك حاصله‌سنه مساوی ومخالف اولديغی زمان قوهٔ حاصله صفر اولوب مذكور قوتلر (§ ٦١) يكديكرينی محو يعنی « موازنت » حاصل ايتمش اولورلر . اكر موازنت حاصل ايتمش قوتلرك تحت تأثيرنده بولنان متحرك اولجه سكونده ايسه بوقوتلرك تحت تأثيرنده ينه سكونده قالوب اكر هرقنغی برسرعتی حائز ايسه حركتی متساويه ومستقيمه اوله‌رق دوام

ایدر برنجی حاله « موانت سکون » ایکنجی حاله « موازنت حرکت » تسمیه اولنور .

قوای متعدده‌نك ترکیبنده ذوکثیرالاضلاع قپانور ایسه « قوهٔ حاصله » صفر اولمغله مذکور قوتلرك موازنتده بولندقلری اکلاشیلور .

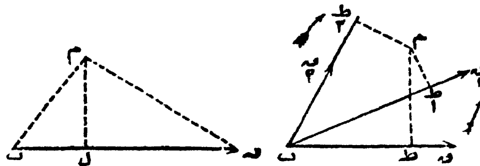
٧٧ — ٠ (شکل ٤٥) بر ‌ر قوت معلومه‌سنی دیکر ایکی ‌ه , ‌ؤ قوتلرینه تحلیل ایتمك لازمکلسه بو اوچ استقامتك برمستویده بولندیغی فرض اولنه‌رق (١)° مرکبلرك استقامتلری اعطا اولنسه : بوحالده ب ی ر مثلثنده بر ب ر ضلعیله بوضلعه مجاور بولنان زاویه‌لر معلوم اولدیغندن دیکر ضلعلری یعنی مرکبلرك مقدار وشدتلری بولنور (٢)° مرکبلردن برینك بالفرض (ب ی) نك مقدار واستقامتی اعطا اولنسه ب ر ی مثلثنده ایکی ب ر , ب ی ضلعلریله بینلرنده‌کی زاویه معلوم اولدیغندن بو مثلث ترسیم ویا حساب اولنه‌رق ایکنجی مرکبك مقدار واستقامتی معلوم اولور (٣)° ایکی مرکبك یالکز مقدارلری اعطا اولنسه ب ر ی مثلثنك اوچ ضلعی معلوم اولدیغندن بالترسیم مرکبلرك استقامتلری تعیین اولنور ایسه‌ده ب ر قوت معلومه‌سنه نسبتله متناظر ایکی حل موجود بولنور (٤)° مرکبلردن برینك مثلا (ب ی) ك مقداریله دیکر (ب ؤ) ك استقامتی اعطا اولنسه ب ر ی مثلثنده ب ر , ب ی ضلعلریله ب ی ضلعنه مقابل زاویه معلوم اولوب مثلث مذکور ترسیم اولنه‌رق (ب ؤ) نك مقداریله (ب ی) نك استقامتی تعیین اولنور مسئله‌نك بر ویا ایکی حلی اولوب ویاخود هیچ برحلی اولمز برقوت معلومه کذلك اعطا اولنان استقامتلرده دیکر اوچ قوته تحلیل اولنه بیلوب قطری ویریلان قوته مساوی بولنمق وضلع مجسملری اعطا اولنان استقامتلره منطبق اولمق اوزره برمتوازی السطوح ترسیم اولنه‌رق اضلاع مذکوره تحدید و « وقوای مرکبه » نك مقدارلری تعیین اولنور .

§ ٥ برنقطه‌یه نسبتله قوتلرك آنی

(مقدار حرکت)

٧٨ —. برقوتك برنقطه‌یه نسبتله آنی بونقطه ایله قوتك استقامتی بیننده‌کی بعدك قوته حاصل ضربنه مساویدر. (شکل ٤٦) ن قوتنك م نقطه‌سنه نسبتله آنی ن × م ل

(شکل ٤٦)



حاصل ضربندن عبارت اولوب بوده ب م ن مثلثنك ضعف مساحهٔ سطحیه‌سیدر. م نقطه‌سنه «مرکز آن» و م ل بعدینه قوتك «مانوله قولی» تسمیه اولنور.

م نقطه‌سی اطرافنده متحرك فرض اولنان شکلی مانوله قوللرینك نهایتلرندن تأثیر ایدن ن و ن قوتلری برجهته و ن قوتی دیکر جهته دوران ایتدیرمکه ساعی بولندیغندن ن، ن قوتلرینك آنلرینه بالفرض + اشارتی تخصیص اولنور ایسه ن قوتنك آننه (—) اشارتی اعطا اولنور.

٧٩ —. «وارینیون»ك دعواسی —. برنقطه‌یه تطبیق اولنان ایکی قوتك حاصله‌سنك بوقوتلرك مستویسنده هرقنغی برنقطه‌یه نسبتله آنی مرکبلرك آنلری مجموع جبریسنه مساویدر

(١)° — (شکل ٤٧) م نقطه‌سی قوتلرك تشکیل ایتدیکی زاویه‌نك خارجنده آلنسوب ن ، ن١ ، ر نك مانوله قوللری

(شکل ٤٧)

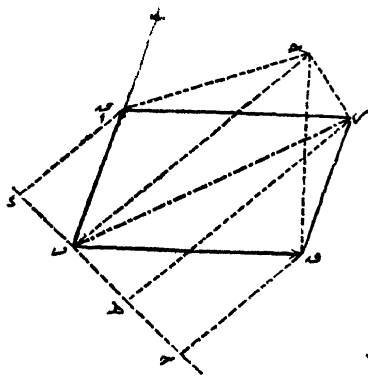
ل ، ل١ ، ط ایله اشعار اولندقده رط = ن‌ل + ن١ل١ اولور فی‌الحقیقه : م نقطه‌سی قوتلرك نهایتلرینه وصل اولندقده

ن قوتنك آننك نصفی ب م ن مثلثی
ن١ 〃 〃 〃 〃 ب م ن١ 〃
ر 〃 〃 〃 〃 ب م ر 〃

اولدیغندن ب م ر = ب م ن + م ن١ اولمق لازمکلوب لکن بومثلثلرك ب م قاعده‌لری مشترك اولدیغندن ب م ر مثلثنك ارتفاعنك دیکر ایکی مثلثك ارتفاعلری مجموعنه مساوی بولندیغنی اثبات ایتمك کفایت ایدر. امدی ب م قاعدهٔ مشترکه‌سنه عمود اولان ب هـ خطی اوزرنده قوتلرك مرتسملری تشکل

اولنـدقده ب هـ = ب ح + ح هـ اولوب لکن ب د ، ح هـ
موازی ومسای خطلرك مرتسملری اوله‌رق بربرلرینه مساوی
بولندقلرندن ب هـ = ب ح + ب د اولوب بوسببدن ب م ر =
ب م ن + ب م م١ یعنی ر ط = ن ل + م١ ل١ اولمش اولور .
(٢)° — (شکل ٤٨) ٠ م نقطه‌سی قوتلرك تشکیل ایتدکلری

(شکل ٤٧)



زاویه‌نك داخلنده آلندقده م١ قوتنـك انی (§ ٧٨) ر و ن
قوتلرینـك آنلرینـك مخالفی اشـارتده بولنه‌جغنـدن ر ط =
ن ل — م١ ل١ مناسبتی اثبات ایتمك اقتضا ایدر .
بونی اثبات ایچـون : ب م ر = ب م ن — ب م م١ ویاخـود
بومثلثلرك ب م قاعده‌لری مشترك اولدیغندن ب م ر مثلثـنك
ارتفاعنك دیکر ایکی مثلثك ارتفاعلری بیننده‌کی تفاضله مساوی
اولدیغنی ارائه ایتمك کفایت ایدر . ایمدی ب د و هـ ح موازی
ومساوی ضلعلرك مرتسملرندن عبارت اولوب بربرلرینه مساوی

بولندقلرندن ب ه = ب ح — ح ه = ب ح — ب د ∴ ر ط = ق ل — ق١ ل١ اولمغله بو صورتده : مستوی اوزرنده هرقنغی بر نقطه‌یه نسبتله قوهٔ حاصله‌نك آنی مرکبلرك آنلری مجموع جبریسنه مساوی بولنوب مطلوب ثابت اولور .

۸۰ — نتیجه . قوهٔ حاصله‌نك هر برنقطه‌سنك مرکبلره اولان بعدلری بومرکبلر ایله معکوساً متناسب بولنور . فی الحقیقه اکر م نقطه‌سی قوهٔ حاصله اوزرنده آلنمش ایسه اشبو قوتك مانوله قولی صفر اولوب ر ط = ق ل — ق١ ل١ مناسبتی ٠ = ق ل — ق١ ل١ ویاخود ق ل = ق١ ل١ شکلنی اخذ ایده‌رك بورادن ق / ق١ = ل١ / ل اولوب مطلوب ثابت اولور .

۸۱ — حال عمومی . اکر برمستویده اوله‌رق قوای متعدده برنقطه‌یه تطبیق اولنمش ایسه مستوی اوزرنده هرقنغی برنقطه‌یه نسبتله بوقوتلرك « حاصله » سنك آنی قوای مذکوره‌نك یعنی مرکبلرینك آنلری مجموعنه مساوی بولنور . فی الحقیقه قوتلر ق ، ق١ ، ق٢ ، .... وحاصله‌لری ر اولسه ق ایله ق١ قوتی ترکیب اولندقده بر ر١ حاصله‌سی بولنوب بوقوتلرك مانوله قوللری متناظراً ل ، ل١ ، ط١ ایله ارائه اولندقده ر١ ط١ = ق ل + ق١ ل١ اولور . اکر ر١ قوتی ق٢ قوتیله ترکیب اولنور ایسه بر ر٢ حاصله‌سی استحصال اولنوب بورادن دخی ر٢ ط٢ = ر١ ط١ + ق٢ ل٢ = ق ل + ق١ ل١ + ق٢ ل٢ اولور یکی حاصله ق٣ قوتیله ترکیب وبو وجهله دوام اولنور ایسه نهایت الامر ر ط = ق ل + ق١ ل١ + ق٢ ل٢ +

٠٠٠٠ = ع ۃل بولنوب بو وجهله «قوۂ حاصله» نك آنی مركبلرینك آنلری مجموعنه مساوی بولنمش اولور .

٨٢ — . مقدار حركت . — برجسمك هرقنغی برآنده مقدار حركتی بوجسمك جوهرینك ملاحظه اولنان آنده جسمك سرعتنه حاصل ضربنه مساویدر .

دعوی — . ایكی قوتك بربرینه نسبتی هرقنغی برزمان اثناسنده حاصل ایدهجكلری مقدار حركتلرك بربرینه نسبتی كبیدر .

فی الحقیقه ق / قَ = ج ه / جَ هَ معادلهسنده طرف ثانینك صورت

ومخرجی ة ایله ضرب اولدقده ق / قَ = ج ه ة / جَ هَ ةَ اولور لكن

سكوندن حركته بدأ ایدن متحركلرك ة زمانی نهایتنده كسب ایدهجكلری س وسَ سرعتلری (§ ١١) ة ه و ةَ هَ دن عبارت

بولندیغندن بوصورتده ق / قَ = ج س / جَ سَ اولوب مطلوب ثابت اولور .

٨٣ — . تنبیه . اكر بو معادلهلرده ق = قَ فرض اولنور

ایسه ١ = ج س / جَ سَ یاخود س / سَ = جَ / ج یعنی عینی بر قوتك مختلف

جوهرده ایكی جسمه اعطا ایدهجكی سرعتلر جسملرك جوهرلریله معكوساً متناسب اولور اشته بو اساسه نظراً « آطوود » ك ماكنهسنده ایكی متحركك حركتی استنیلدیكی كبی اغرلشدیریلهرك سهولتله اجسامك سقوط قانونی رصد ومعاینه اولنهبیلور .

بوقضیه کذلك افواه ناریه‌نك کیرویه تپمه‌لری خصوصنه دخی تطبیق اولنه‌بیلور . باروتك اشتعالیله حاصل اولان غازلرك اتساعی بر آنده هم مرمی وهمده سلاحه تأثیر ایدر لکن جوهرلر زیاده فرقلی اولدیغندن کیرویه تپمه سرعتی مرمینك سرعتندن پك آز اولور . بوجهتله تفنك انداخت اولندیغی زمان کیرویه تپمه‌یه مقابل اولان جوهری تزیید ایتمك ایچون سلاحی قوتلیجه اوموزه طیامغه دقت ایتمك اقتضا ایدر .

٨٤ — برقوتك اثر تحریکی — برقوتك تأثیر ایتدیکی مدته حاصل ضربنه — قوتك اثر تحریکی — تسمیه اولنور . دعوی — سکوندن حرکته بدأ ایدن بر جسمه برقوتك اثر تحریکی جسمك حائز اولدیغی مقدار حرکته مساویدر .

فی الحقیقه • ﻫ = ح ﻫ ∴ ﻫ ق = ح ﻫ ق اولوب ﻫ ق = س اولدیغندن ﻫ ق = ح س اولمش اولور .

تنبیه • اگر بو معادله‌ده ق = • وضع اولنور ایسه ح س = • ∴ س = • اولوب یعنی بر جسم اوزرینه تأثیر ایدن برقوت بوجسمی حرکت حالنه وضع ایچون قوتك قیصه اوله‌بیلوب فقط اصلا صفر اوله‌میان برزمان قدر تأثیرده دوام ایتمسی لازمکلوب بووجهله : آز بر مسافه‌دن رمی اولنان برقورشون برپنجره جامنی کسر ایتمکسزین کچه بیلوب بر طاش ایسه جامی کسر ایدر چونکه برنجی حالده قورشون ایله سوق اولنان جامك پارچه‌سی حرکتنی مجاور اجزاء فردیه‌یه سرایت ایتدیرمك ایچون وقت بوله‌مز .

§ ٦ تطبیقات

عطالت اجسامه عائد بیان اولنان موادی اتمام ایتمك وسبقت ایدن اساسلره تطبیقات اولمق اوزره قوت مقامنده ملاحظه اولنان خاصهٔ عطالته وتطبیقاتی پك چوق وفائده‌لی اولان قوت الی المرکز وعن المرکزه متعلق بر وجه آتی بعض مواد بسیطه ذکر وبیان اولنور .

قوهٔ عطالت

٨٥ —۰ بر نقطهٔ مادیه‌نك حرکتنی حاصل ایدن قوت و = حھ مناسبتیله اعطا اولنوب بوده و — حھ = ۰ شکلنده یازیله‌بیله‌رك حھ یی قیمت مطلقه‌جه و قوتنه مساوی ومخالف برقوت کبی ملاحظه ایتمك ممکن اولور . صرف اعتباری وتصوری اولان بوقوت نقطه‌نك حرکتنی حاصل ایدن قوت ایله هر آنده موازنت حاصل ایده‌بیلوب بونقطه‌نك « قوهٔ عطالتی » تسمیه اولنور .

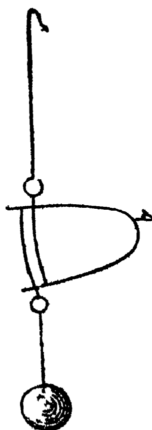
مثلا الده طوتیله‌رق حرکت ایتدیریلان برجسم کندیسنی سوق ایدن اله اجرای تأثیر ایدر الك حرکتی اغرلشدیغی صورتده عطالتدن طولایی جسم حرکتنه دوام ایتمك استدیکندن الی ایلرویه تحریکه ساعی اولوب بالعکس الك سرعتی تزیید اولندیغی زمان جسم کذلك عطالتدن طولایی کندی حرکتنی محافظه ایتمك استیه‌رك الی توقیف ایتمك ایچون بر مقاومت ارائه ایدر .

اشته جسمك هر آنده اشبو عكس التأثيرينه — قوۀ عطالت — تسميه اولنور بو عكس التأثير تأثيرينه يعنى حركتى حاصل ايدن قوته مساوى ومخالف بولنمغله قيمت مطلقه‌سى م=حو ايله افاده اولنه‌رق وبو جهتله « بر نقطۀ ماديه‌نك قوۀ عطالتى بو نقطه‌يه معين بر حركت اخذ ايتديرن هيئتك اوزرينه اجرا ايتديكى عكس التأثيردن عبارتدر » ديلور .

رابطۀ ماديه‌نك وجودى حالنده ظهورى آشكار اولان بو قوتك تأثير ايتديكى نقطه‌لر بيننده هيچ بر واسطه بولنمديغى حالده دخى ينه ملاحظه‌سى ممكندر.

٨٦ — . قوۀ عطالتك دينامومترو واسطه‌سيله حس ومساحه‌سى ممكن اوله‌بيلور (شكل ٤٩) ال ايله طوتيلان هـ دينامومتروسنه

(شكل ٤٩)



بر ك جسمی تعلیق اولندقده جسم ثابت قالدیغی زمان تقسیمات بوجسمك وزننی اعطا ایدر .

لکن آلت قالدیرلدقده یای براز بوکیلوب ونه نسبتده چابوق وبردنبره قالدیریلور ایسه اودرجه‌ده زیاده بوکیلور.

بوصورتده یکی برقوت دها جسمك وزننه علاوه اولنمش اولوب بوقوت جسمدن حاصل ودینامومترونك فوقانی قولنه منطبق اوله‌رق (دینامومترونك وزندن صرفنظرله) تماماً الك هیئتی قالدیرمق ایچون اجرا ایتدیکی یکی تأثیره مساویدر.

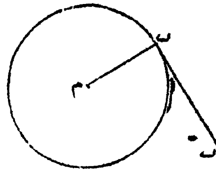
حرکت متساویه اولدیغی زمان دینامومتره‌نك ابره‌سی ینه جسمك سکونده بولندیغی زمانده‌کی ارائه ایتدیکی تقسیماته منطبق اولوب بوجهتله حرکت متساویه‌ده قوهٔ عطالت بولنمز (§ ٦٥) اکر صعود حرکت متزایدهٔ منتظمه ایله اجرا اولنور ایسه یایك بوکلسنك تزایدی ثابت قالور.

چونکه بوحرکتی حاصل ایدن قوت (§ ٦٤) ثابت اولمق لازم کلدیکندن بوکا مساوی ومخالف اولان قوهٔ عطالت دخی ثابت اولور . —• افقی ومستوی بریول اوزرنده برعربه ایپ ایله جر اولنه‌رق حرکت متزایده اعطا اولنور ایسه کرك ساده‌جه ایپك کرلمه‌سی کوز ایله مشاهده وکرك بر دینامومترو ایله تجربه اولنه‌رق یالکز حرکت متساویه محافظه اولنمق حالنه نسبتله ایپك اولقدر زیاده کرلدیکی اکلاشیلور ایپك بوفضله کرلمه‌سی عربه‌نك قوهٔ عطالتنی مساحه ایدر بوقوت عربه‌دن حاصل اولوب ایپ واسطه‌سیله عربه‌یی جر ایدن آدم ویاخود حیوانه تطبیق اولنور .

قوت عن المركز

٧٨ —. حركت دوريه. قوتى الى المركز —. (شكل ٥٠) هرقنغى بر م محيط دائرهسى اوزرنده متحرك بر ب نقطهٔ

(شكل ٥٠)



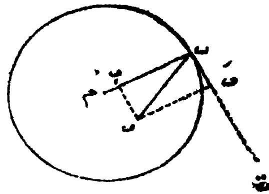
ماديهسنك يالكز برسرعت ابتدائيهنك تحت تأثيرنده بولنمسى حالنده (§ ٥٧) ب نقطهسنده منحنينك جزؤ مستقيمى يعنى ب ت خط مماسى استقامتنده حركت ايتمسى لازمكلوب حالبوكه بر محيط دائره اوزرنده حركت ايتديكندن بو صورتده برقوتك تحت تأثيرنده بولنديغى اكلاشيلور.

« اكرحركت مبحوثه متساويه ايسه قوتك مركزه متوجه بولنمسى لازمكلور. »

فى الحقيقه : اكر بو قوت (شكل ٥١) بر ب ف استقامتنه متوجه اولسه ايكىيه تحليل اولنهبيلوب بونلردن برى متحركك استقامت حركتنه ناظم اولهرق سرعتك تبدلنى موجب اولمز ايسهده ف قوتى سرعتى تعديل ايده بيلهرك حركتك متساويه اولمامسى لازمكلور بوصورتده (برمحيط دائره اوزرنده حركت

متساويه ايله متحرك برجسمك دائما بومحيط دائره‌نك مركزينه متوجه بر قوتك تحت تأثيرنده بو لنديغى) تبين ايدر .

(شكل ٥١)



بو استقامتدنطولايي اشبو قوته « قوت الى المركز » تسميه اولنور .

٨٨ —. قوت عن المركز . (§ ٥٧) تأثير دائما مساوى ومخالف برعكس التأثيرى حاصل ايتديكندن متحركى بردائره اوزرنده حركت متساويه ايله حركته مجبور ايدن قوت الى المركز دخى ظهور ايتديكى هيئت ماديه‌يه تطبيق اولنمش مساوى ومخالف بر عكس التأثيرى حاصل ايدركه « قوت عن المركز » تسميه اولنوب (§ ٨٥) قوهٔ عطالتك برحال خصوصيسندن عبارت اولديغى كوريلور .

الك برمحيط دائره اوزرنده حركت ايتديرديكى صپان طاشنه اجرا ايتديكى جر قوت الى المركز اولوب ايپ واسطه‌سيله طاشه تطبيق اولنمشدر لكن عينى زمانده ال دخى طاشك حركتندن حاصل اولان وايپ واسطه‌سيله اله تطبيق اولنان قوت عن المركزدنطولايي طاشه طوغرى چكيلور اشبو ايكى قوت

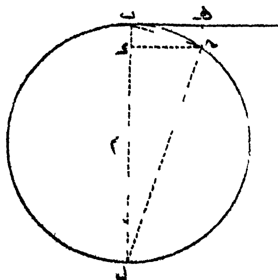
ایپی کره‌رك قوپارمغه ساعی اولوب اکر ایپ قوپسه یاخود کسیلسه بر آنده قوت الی المرکز وآنکله برابر قوت عن المرکز معدوم اوله‌جغندن طاش سرعت مکتسبه‌سی سببیله رسم ایتدیکی محیط دائره‌یه مماساً خارجه آتیلور .

تنبیه —. اکر متحرك محیط دائره‌دن بشقه برمنحنی رسم ایدر ایسه ینه مشابه نتایج حاصل اوله‌رق قوت الی المرکز وعن المرکز دائما متحرکك رسم ایلدیکی منحنی‌یه ناظم واقع اولورلر .

هرنه زمان متحرك اوزرینه تأثیر ایدن قوت ناظم استقامتنه متوجه دکل ایسه (§ ۸۷) بری قوت الی المرکزدن عبارت اولمق اوزره منحنی‌یه ناظم دیکری سرعتی تعدیل یعنی حرکتی تحویل ایتمك اوزره مماس استقامتنده ایکی‌یه تحلیل اولنه‌بیلور دائما نقطهٔ احتراقلرك برندن مرور ایدن برقوتك تحت تأثیرنده برر قطع ناقص ترسیم ایدن سیاراتك حرکتلرنده اولدیغی کبی .

۸۹ —. قوت عن المرکزك مساحه‌سی —. (شکل ۵۲)
قوت عن المرکزك شدتی تقدیر اولنمق ایچون بروجه آتی کندیسنه

(شکل ۵۲)



مساوی اولان قوت الی المرکز حساب اولنور . ب نقطه‌سنك بر س سرعتیله متساویاً م محیط دائره‌سنی دور واصغر بر ۞ زمانی طرفنده ب ح قوسنی قطع ایتدیکی فرض اولنسه حرکت متساویه اولدیغندن قوس ب ح = ۞ س اولور . لکن ب ح مسافه‌سی بری خط مماس استقامتنده ب ھ دیکری نصف قطر استقامتنده ب ی مسافه‌لرینك حاصله‌سی کبی ملاحظه اولنه بیلوب اشبو ب ی مسافه‌سی قوت الی المرکزدن حصوله کلور . ایمدی ب ح ل مثلثنك قائم الزاویه اولمسندن

ب ی $=\frac{\overline{\text{ب ح}}^{2}}{\text{۲ ر}}$ اولوب ب ح قوسی غایت اصغر اوله‌رق همان وترینه مساوی کبی اولدیغندن ب ی $=\frac{\text{س}^{2}\text{۞}^{2}}{\text{۲ ر}}$ اولور .

بورادن ب ی مسافه‌سنك بر حرکت متزایدهٔ منتظمه ایله قطع اولندیغی وبو حرکتك مقدار تعجیلنك دخی (§ ۱۳ ‹ ۲°)

$\frac{\text{س}^{2}}{\text{ر}}$ دن عبارت بولندیغی کوریلور . بو مقدار تعجیل ھ ایله اشعار اولندقده ھ $=\frac{\text{س}^{2}}{\text{ر}}$ اولمش اولور .

قوت الی المرکزك مقداری ع ومتحرکك جوهری ح ایله اشعار اولندقده (§ ٦۹) ع = ح ھ ویاخود ع $=\frac{\text{ح س}^{2}}{\text{ر}}$ اولوب یعنی « قوت عن المرکز متحرکك جوهریله یاخود سرعتك مربعیله مبسوطاً ونصف قطر ایله مکعوساً متناسب بولنمش اولور . »

۹۰ —. تنبیه (۱)° . ع $=\frac{\text{س}^{2}}{\text{ر}}$ دستورندن قوت عن المرکزك س = ۰ یاخود ر = ∞ اولمسی حالنده یعنی متحرکك

ياحال سكوننده ويا بر خط مستقيم اوزرنده حركتنده صفر اولديغى كوريلور .

(٢)°. على العاده قوت عن المركز متحرك زاويه سرعتى جنسندن افاده اولنوب ب نقطه‌سنك ه زاويه سرعتنى بولمق ايچون س سرعت خطيه‌سنك (§ ٢١) ر نصف قطريله تقسيمى لازم كلور . بوسببدن ه = $\frac{س}{ر}$ بورادن س = ه ر اولورکه بوقيمت ع = $\frac{ح س^٢}{ر}$ دستورنده محلنه وضع اولندقده ع = ح ه^٢ ر اولمش اولور .

(٣)° قوت عن المركزك كذلك متحرك ثانيه‌ده م عدد دورينك جنسندن دخى افاده‌سى مطلوب اوله‌بيلوب بو حالده س = ٢ π ر م ∴ ع = ٤ π^٢ ح ر م^٢ اولمش اولور .

اوچنجی فصل

مبحث سکونت

برجسم صلبه تطبيق اولنان قوتلرك تركيب وموازنتی

برنقطه‌یه تطبيق اولنان کافهٔ قوتلر يرينه (٨٥) ذوکثير الاضلاعك ترسيميله يالکز برقوت وضع واقامه اولنه‌بيلور .
شمدی برجسم صلبه تطبيق اولنان قوتلرك يرينه نصل قوتلرك وضع واقامه اولنه‌بيله‌جکنی بيان ايتمك لازمکلوب بومسئلهٔ مهمه دخی مذکور قوتلرك متوازيين وياخود کيف ما اتفق استقامتلرده بولندقلرينه نظراً ايکی قسمه تفريق اولنور . برنجی حالده : قوای مذکوره‌نك يالکز برحا[illegible] يعنی وياخود برمتزاوجتينه ارجاع اولنه‌بيلد[illegible] [illegible]نجی حالده بوقوتلر يرينه عموميتله يالکز برقوت و[illegible] [illegible]لنه‌ميوب لکن دائما ايکی قوته تقليل اولنه‌بيله‌جکلری [illegible] ذکر وبيان اولنه‌جقدر .

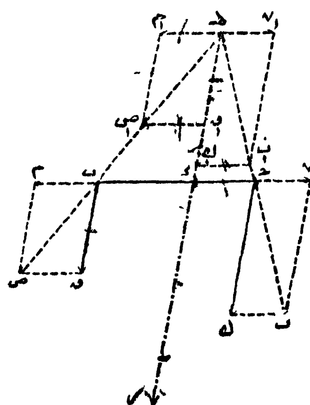
§ ١ قوای متوازيه‌نك تركيبی

٩١ —— دعوی . برجسم صلبك ايکی نقطه‌سنه تطبيق اولنان موازی وعينی جهتده قوتلرك حاصله‌سی بوقوتلره موازی وعينی

جهتده اوله‌رق مجموعلرینه مساوی اولوب نقطهٔ تطبیقی مذکور قوتلرك نقطهٔ تطبیقلری بیننی وصل ایدن خطی مرکبلرك شدتلریله معکوساً متناسب تقسیم ایدن برنقطه اولور .

(شکل ۵۳) بر جسم صلبك ایکی ب و ح نقطه‌سنه تطبیق اولنان ایکی موازی قوت ه و ك اولسه : ب ح ایله برخط

(شکل ۵۳)



مستقیم اوزرنده مقدارلری کیف ما اتفق فقط بربرلرینه مساوی ومخالف اوله‌رق ب و ح نقطه‌لرینه ایکی ت و م قوتلری تطبیق اولنسه بوایکی قوت یکدیکریله موازنت حاصل ایتدکلرندن جسم صلبك بولندیغی حال تبدل ایتمز .

(م و ه) قوتلرینك حاصله‌سی ص و (ت و ك) قوتلرینك دخی ت اولوب بوایکی ص و ت قوتلرینك تقاطع ایتدکلری

هـ نقطه‌سی غیر متحول صورتده جسم صلبه مربوط کبی ملاحظ اولنه‌رق اشبو قوتلر هـ نقطه‌سنه نقل و تطبیق اولنه‌بیلورلر هـ نقطه‌سندن ب ح و ب ں خطلرینه بر رموازی رسم اولندقد ص₂ ، ت₂ قوتلری یرینه (م₁ ، م₁) و (ت₁ ، ك₁) مرکبلری وضع واقامه اولنه‌بیلوب لکن م₁ و ت₁ مرکبلری یکدیکریله موازنت حاصل ایتدکلرندن یالکز ں₁ و ك₁ قوتلری قالورکه حاصله‌لری (§ ٧٤) بونلرك مجموعلرینه مساوی اولوب بوده جسم صلب تطبیق اولنان قوهٔ حاصله‌دن عبارت اولور بو صورتده ں و ك قوتلرینك « حاصله » لری کندیلرینه موازی و مجموعلرینه مساوی بولنمش اولور .

شمدی د نقطه‌سنك ب ح خطنی ں و ك مرکبلریله معکوساً متناسب ایکی‌یه تفریق ایتدیکنی اثبات ایتمك اقتضا ایدر .

ب د هـ و ص₁ م₁ هـ ایله ح د هـ و ت₁ ك₁ هـ مثلثلرینك مشابهتندن $\frac{\text{ب د}}{\text{ص}_1\,\text{م}_1} = \frac{\text{هـ د}}{\text{هـ م}_1}$ ∴ $\text{ب د} \times \text{ں}_1 = \text{هـ د} \times \text{م}_1\,\text{ص}_1$ و $\frac{\text{ح د}}{\text{ت}_1\,\text{ك}_1} = \frac{\text{هـ د}}{\text{هـ ك}_1}$ ∴ $\text{ح د} \times \text{ك}_1 = \text{هـ د} \times \text{ك}_1\,\text{ت}_1$ حاصل اولوب $\text{ك}_1\,\text{ت}_1 = \text{ص}_1\,\text{م}_1$ اولدیغندن طرف ثانیلر یکدیکرینه مساوی بولنمغله $\text{ح د} \times \text{ك} = \text{ب د} \times \text{ں}$ ∴ $\frac{\text{ب د}}{\text{ح د}} = \frac{\text{ك}}{\text{ں}}$ اولوب مطلوب ثابت اولمش اولور .

٩٢ — نتیجه . قوتلردن هر برینك دیکر ایکیسنك نقطهٔ تطبیقلری بیننده‌کی مسافه‌یه نسبتی ثابت اولور .

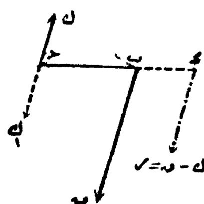
فی الحقیقه $\frac{\text{ك}}{\text{ں}} = \frac{\text{ب د}}{\text{ح د}}$ دن $\frac{\text{ك} + \text{ں}}{\text{ں}} = \frac{\text{ب د} + \text{ح د}}{\text{ح د}}$ یاخود $\frac{\text{ر}}{\text{ں}} = \frac{\text{ب ح}}{\text{ح د}}$ اولمغله بورادن $\frac{\text{ر}}{\text{ب ح}} = \frac{\text{ں}}{\text{ح د}} = \frac{\text{ك}}{\text{ب د}}$ اولور . قوتلر موازی اولمیوب متقاطع اولدقلری حالده (§ ٧٤) هر قوتك دیکر

ایکیسنك بیننده‌کی زاویه‌نك جیبنه نسبتنك ثابت اولدیغی معلومدر .

٩٣ —۰ دعوی . ایکی موازی وجهتلری مخالف قوتلرك حاصله‌سی بیوك قوتك جهتنده وبونلرك بینلرنده‌کی تفاضله مساوی اولوب نقطهٔ تطبیقی دیکر ایکی قوتك نقطهٔ تطبیقلرینی وصل ایدن خطك استقامت اوزره اخراجی اوزرنده بیوك قوت طرفنده ونقطهٔ تطبیقلردن هر برینه مرکبلرك شدتلریله معکوساً متناسب برمسافه‌ده بولنور .

(شکل ٥٤) جهتلری مخالف ایکی قوت ں و ك اولسه ں قوتی (§ ٩١) بری ك قوتنه مساوی ومخالف لَ ودیکری

(شکل ٥٤)



مناسبتیله بولنان ب د نقطه‌سنه تطبیق اولنمق اوزره ں — ك قوتلرینه تحلیل ایده‌بیلورز ں قوتی یرینه بوایکی مرکب وضع واقامه اولننجه جسم صلب ك ، لَ ، ں — ك مثللو اوچ قوتك تحت تأثیرنده بولنمش اولوب ك ، لَ قوتلری یکدیکرینی محو ایتدکلرندن باقی ں — ك قالوب بوده قوهٔ حاصله‌دن عبارت اوله‌رق دعوانك برنجی قسمی اثبات ایدلمش اولور امدی

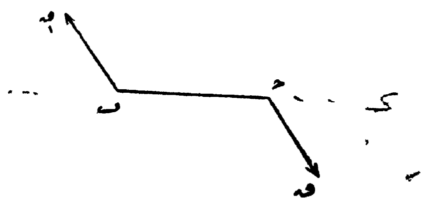
$\frac{\text{بح}}{\text{بء}} = \frac{\text{ه} - \text{ك}}{\text{ك}}$ تناسبنده هرمخرج صورتنه علاوه اولندقده $\frac{\text{بح} + \text{بء}}{\text{بء}} = \frac{\text{ه}}{\text{ك}} = \frac{\text{حء}}{\text{بء}}$ اولەرق مطلوب ثابت اولور .

٩٤ —• نتیجه — جهتلر عینی اولمسی حالندەکی هر بر قوتك دیکر ایکیسنك نقطهٔ تطبیقلری بیننده‌کی مسافه‌یه نسبتی ثابت اولور .

فی الحقیقه $\frac{\text{حء}}{\text{بء}} = \frac{\text{ه}}{\text{ك}}$ و $\frac{\text{بح}}{\text{بء}} = \frac{\text{ه} - \text{ك}}{\text{ك}} = \frac{\text{ر}}{\text{ك}}$ مساواتندن $\frac{\text{ه}}{\text{حء}} = \frac{\text{ك}}{\text{بء}}$ و $\frac{\text{ك}}{\text{بء}} = \frac{\text{ر}}{\text{بح}}$ اولملغله بورادن $\frac{\text{ه}}{\text{حء}} = \frac{\text{ك}}{\text{بء}} = \frac{\text{ر}}{\text{بح}}$ اولمش اولور .

٩٥ •— متزاوجتین . استقامت اوزره یکدیکرینه مقابل اولمامق اوزره جهتلری معکوس ایکی موازی و مساوی قوته — متزاوجتین — تسمیه اولنور . (شکل ٥٥) اشبو ایکی قوتك (§ ٩٣) حاصله‌لری تحری اولندقده $\text{ر} = \text{ه} - \text{ك}$

(شکل ٥٥)

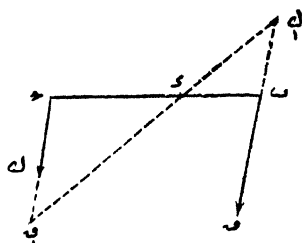


$\text{بء} = \text{بح} \frac{\text{ح}}{\text{ه} - \text{ك}}$ اولوب $\text{ه} = \text{ك}$ اولدیغندن $\text{ر} = ٠$ و $\text{بء} = \infty$ اولەرق بوایکی قوتك حاصله‌لری صفر و نقطهٔ تطبیق نامتناهیده بولنور . بو صورتده بر متزاوجتین قوتلرك حاصله‌لری

اولمدیغندن یالکز برقوت ایله موازنت احداث ایتملری غیر ممکن اولور . اشته متزاوجتین، حاصله‌لری بولنمدیغندن، تطبیق اولندقلری جسم صلبه بر حرکت انتقالیه اعطا ایده‌میه‌رك بر حرکت دورانیه اعطا ایدرلر . مقناطیسی ابره بوکا شایان دقت برمثال اولور .

٩٦ — . تنبیه — . ایکی موازی قوتك حاصله‌لرینك نقطهٔ تطبیقی روجه آتی بسیط برترسیم اصولیله تعیین اولنه‌بیلور (شکل ٥٦) حك اوزرنده ه قوتنه مساوی ح م و ه قوتك استقامت اوزره اخراجیله

(شکل ٥٦)



ك قوتنه مساوی ب ك بعدلری قطع و (ك , م) نقطه‌لری وصل اولندقده د نقطه‌سی نقطهٔ مطلوبه‌دن عبارت اولورچونکه : ب د / ح د = ب ك / ح ك = ك / ه در .

قوتلرك جهتلری بربرینه مخالف اولدیغی زمان ترسیم ینه عینیدر . (شکل ٥٧) ب ك = ك و ح م = ه بعدلری اخذ م ك نقطه‌لری وصل اولندقده م ك خطی د نقطهٔ مطلوبه‌سنی تعیین ایدر . زیرا ب د / ح د = ب ك / ح م = ك / ه در .

(شکل ۵۷)

۹۷ —۰ هرقنغی برعدده قوای متوازیه‌یی ترکیب ایتمك —۰ قوای متوازیهٔ متعدده‌نك حاصله‌سنی استحصال ایتمك ایچون (شکل ۵۸) بوقوتلردن ایکیسی مثلا ق و ق قوتلری ترکیب اولنه‌رق ح حاصله‌سی بولندقدنصکره بونك ایله ق قوتی ترکیب و ح حاصله‌سی تعیین اولنه‌رق بو حاصله ایله دخی ق قوتی

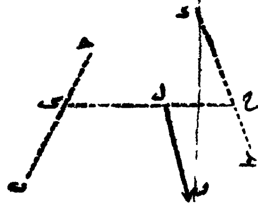
(شکل ۵۸)

ترکیب وبو وجهله دوام اولنور۰ ویریلان قوتلردن بعضیلرینك جهتلری مخالف اولدیغی حالده اولا بر وبعده دیکر جهته‌کی

بولندیغندن ه قوتی (§ ۹۱) عینی جهتده ب و ل نقطه‌لرینه تطبیق اولنان (و $ق_۱$ + ث = ه و $\frac{ق_۱}{ه ل} = \frac{ث}{ب ه}$ مناسبتلرینی حاصل ایدن ایکی $ق_۱$ و ث قوتلرینه تحلیل اولنه‌بیلور . ث قوتی دخی کذلك ۶ و ح نقطه‌لرینه تطبیق اولنمق اوزره ایکی قوته تحلیل ایده‌لم ل نقطه‌سی ۶ ح خطنك استقامتی اوزرنده بولندیغندن ایکی $ق_۲$ و $ق_۳$ مرکبلرینك جهتلری مخالف اولوب مقدارلری ایسه $ق_۲$ — $ق_۳$ = ث و $\frac{ق_۲}{۶ ل} = \frac{ق_۳}{ح ل}$ مناسبتلریله تعیین اولنورلر اشته بوصورتده مطلوب اولان اوچ $ق_۱$ و $ق_۲$ و $ق_۳$ مرکبلری استحصال اولنور .

۱۰۰ —— تنبیه —— برقوتك نقطهٔ تطبیقلری اعطا اولنان اوچدن زیاده موازی مرکبلره تحلیلی نامتناهی صورتده اجرا اولنه‌بیلور فی‌الحقیقه : (شکل ۶۱) اوچ مرکبك نقطهٔ تطبیقی (ب، ح، ۶) ودردنجی مرکب ایله ه قوتنك استقامتلرینك ب ح ۶ مستویسیله تلاقی ایتدکلری نقطه‌لر

(شکل ۶۱)



ه و ل اولسه ۶ ه اوزرنده کیف مااتفق بر ح نقطه‌سی اخذ اولنه‌رق ه قوتی (۹۹) ب و ح و ح نقطه‌لرینه تطبیق اولنان اوچ مرکبه تحلیل وبعده ح قوتی ۶ و ه نقطه‌لرینه تطبیق اولنان دیکر ایکی قوته تحلیل اولندقده ه قوتی (ب، ح، ۶، ه) نقطه‌لرینه تطبیق اولنان درت قوته تحلیل اولنمش اولور . انجق ح نقطه‌سی ۶ ه استقامتی اوزرنده کیف مااتفق برنقطه اولدیغندن مسئله‌نك نامتناهی حلی بولنمش اولور .

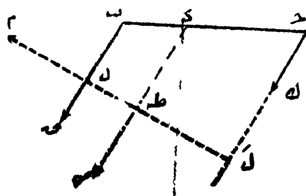
§ ۲ قوای متوازیه‌نك آنلری

بر نقطه‌یه نسبتله آن

ملاحظه اولنان قوای متوازیه‌نك کافه‌سی بر مستویده بولندیغی زمان بو مستوینك بر نقطه‌سنه نسبتله آنلری اخذ اولنه‌بیلوب «وارینیون» ك دعواسی قابل تطبیق اولور .

۱۰۱ —. دعوی . ایکی موازی قوتك مستویسنده آلنان هر قنغی بر نقطه‌یه نسبتله آنلرینك مجموع جبریسی حاصله‌لرینك آننه مساویدر . (شکل ۶۲) ه و ك قوتلرینك حاصله‌لری ر اولسه م مرکز آنندن قوتلرك استقامتلرینه م ل، م لَ، م ط عمودلری تنزیل ومانوله

(شکل ۶۲)



قوللری ل ، لَ و ط ایله اشعار اولندقده ر ط = ه ل + ك لَ اولور .

فی‌الحقیقه ب ل ، ء ط ، ح لَ موازیلرندن $\frac{ل ط}{ط لَ} = \frac{ب ء}{ء ح}$ اولوب لکن (§ ۹۱) $\frac{ب ء}{ء ح} = \frac{ك}{ه}$ اولدیغندن $\frac{ل ط}{ط لَ} = \frac{ك}{ه}$ اولور ایمدی ل ط = ط — ل و ط لَ = لَ — ط اولدیغندن ∴

∴ ك ط — ك ل = ن ل — ن ط اولوب بورادن $\frac{ك}{ن} = \frac{ط - ل}{ل - ط}$
ط (ن + ك) = ك لَ + ن ل الحاصل طر = ن ل + ك لَ
اولمش اولور . اكر قوتلرك جهتلری مخالف وبالفرض ن
قوتی ك دن دها بیوك اولسه طر = ن ل — ك لَ استحصال
اولنور .
اكر م نقطه‌سی قوتلرك آره‌سنده ایسه بونلردن برینك آنلك
اشارتی دیكرلرینك عكسی اولور . اكر م نقطه‌سی حاصله‌نك
اوزرنده ایسه حاصله‌نك آنی صفر اولوب بوصورتده مركبلرك
آنلری بربرینه مساوی واشارتلری مخالف اولور .
حال عمومی —٠ (§ ٨١) ده بیان اولندیغی وجهتله عمل
اولنه‌رق بودعوا هرقنغی برعدده قوای متوازیه‌یه دخی تطبیق
اولنه‌بیلوب بووجهله طر = ع ن ل اولمش اولور .
قوای متوازیه ایچون اكثریتله برمستوی‌یه نسبتله آن دخی
استعمال اولنوب بو حالده قوتلرك بر مستویده بولنملری مقتضی
دكلدر .

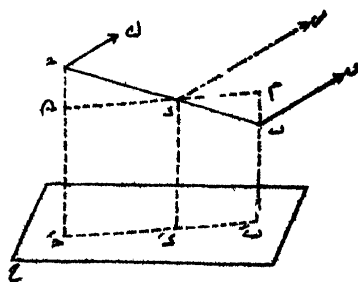
١٠٢ —٠ تعریف . برقوتك كندیسنه موازی بر مستوی‌یه
نسبتله آنی قوتك شدتنك نقطهٔ تطبیقیله بومستوی بیننده‌كی بعده
حاصل ضربندن عبارتدر . تطبیقاتده قوای متوازیه‌نك آنلرینك
نسبت ایدلدیكی مستوی‌یه قوتلری موازی قیلمغه لزوم یوقدر
زیرا قوتلرك نقطهٔ تطبیقلری ومستویٔ مذكور ثابت قالمق
اوزره قوتلر اشبو نقطه‌لر اطرافنده دوران ایتسه‌لر آنلری
تحول ایتمز .
برجهتده بولنان قوتلر .... ودیكر جهتده‌كیلر منفی كبی ملاحظه

اولنوب نقطهٔ تطبیقلرك دخی مستوینك بر ویاخود دیكر جهتنده بولنملرینه نظراً برمستوی‌یه اولان بعدلری مثبت ویا منفی اولور. اشته برقوتك آنی تشكیل ایدن مضروبلرك اشارتلری بربرینه مساوی ویا مخالف اولدیغنه نظراً بو آن مثبت ویا منفی اولمش اولور.

١٠٣ —. دعوی. كیف ماا تفق بر طاقم قوای متوازیه‌نك حاصله‌لرینك بر مستوی‌یه نسبتله آنی قوای مذكوره‌نك بومستوی‌یه نسبتله اولان آنلری مجموع جبریسه مساویدر.

(١)° حال. قوتلرك جهتلری بربرینك عینی ایسه —. (شكل ٦٣) ں و ك ایكی قوت و ر بونلرك حاصله‌لری. و ح آن مستویسی اولاسه ب بَ, حِ حَ, د دَ بعدلری ل, لَ

(شكل ٦٣)



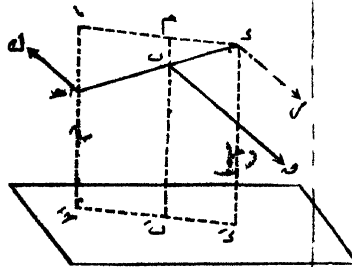
, ط ایله اشعار اولندقده ط ر = ں ل + ك لَ اولور زیرا حاصله‌نك د نقطهٔ تطبیقندن بَ حَ نه موازی م ه خطی

رسم اولندقده ى ب م و ى ح ه مشابه مثلثلرندن $\frac{\text{ب م}}{\text{ح ه}} = \frac{\text{ب ى}}{\text{ح ى}}$ اولوب لكن $\frac{\text{ب ى}}{\text{ح ى}} = \frac{\text{ك}}{\text{ه}}$ اولديغندن $\frac{\text{ب م}}{\text{ح ه}} = \frac{\text{ك}}{\text{ه}}$ اولور .

بوندنبشقه ب م = ط — ل و ح ه = لَ — ط اولديغندن $\frac{\text{ط — ل}}{\text{لَ — ط}} = \frac{\text{ك}}{\text{ه}}$ اولەرق بوسببدن ه ط — ه ل = ك لَ — ك ط ∴ ط (ه + ك) = ه ل + ك لَ ∴ ط ر = ه ل + ك لَ اولمش اولور .

(٢)° حال — قوتلرك جهتلرى مخالف ايسه . (شكل ٦٤) مثلا ك قوتى ه و ر قوتلرينه مخالف جهتده ايسه ك قوتنك

(شكل ٦٤)

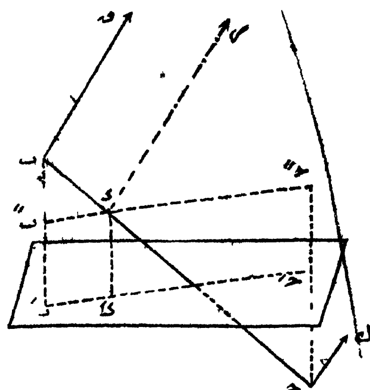


آنى ديكر ايكى قوتك آلريله مخالف اشارتده اولوب و بوجهتله ط ر = ه ل — ك لَ اولديغنى اثبات ايتمك لازمكلور .

فى الحقيقه : ب م ى و ح ه ى مثلثلرينك مشابهتندن $\frac{\text{ب م}}{\text{ح ه}} = \frac{\text{ب ى}}{\text{ح ى}} = \frac{\text{ك}}{\text{ه}}$ اولديغندن ∴ $\frac{\text{ط — ل}}{\text{ط — لَ}} = \frac{\text{ك}}{\text{ه}}$ ∴ ط ه — ه ل = ط ك — ك لَ ∴ ط ر = ه ل — ك لَ اولمش اولور .

(٣) حال — قوتلر مستوينك بر وديكر جهتده ايسەلر . (شكل ٦٥) ى نقطەسندن بَ حَ نه موازى بَ حَ خطى رسم

(شکل ٦٥)



اولدقده حَ حَ عمودی دَ دَ و ب بَ عمودلرینه نسبتله مخالف
اشارتی حائز بولندیغندن ك قوتنك آ منفی اولوب وبوجهتله
ط ر = ن ل — ك لَ بولنمق لازمدر

حَ حَ د و ب بَ د مثلثلرینك مسـ[illegible]

$$\frac{حَ حَ}{ب بَ} = \frac{ح د}{ب د} = \frac{ن}{ك}$$

اولوب یاخود $\frac{لَ + ط}{ل — ط} = \frac{ن}{ك}$ ∴ لَ ك + ط ك = ل ن — ط ن

ط ر = ل ن — لَ ك اولمش اولور .

(§ ٨١) مادهسنه توفیقاً باسهوله واریینوننك دعواسینك هرقنغی
برعدده قوای متواریهنك برمستوی‌یه نسبتله آننه قابل تطبیق
اولدیغی اکلاشیله بیلور .

١٠٤ — مسئله — قوای متوازیهٔ متعددهنك مركزینی بولمق
برطاقم قوای متواریهنك مركزینی بولمق ایچون بو نقطه‌نك اوچ قائم ح ، ع ، ...
مستویلرینه اولان ط ، ط ، ط بعدلرینی حسابات اولنور قوای متوازیه
... و بونلرك نقطهٔ تطبیقلرندن آنلرك اخذ اولندیغی ح

مستویسی اوزرینه تنزیل اولنان عمودلر $\text{ل}, \text{ل}_{\text{١}}, \text{ل}_{\text{٢}}, \ldots$ وبوقوتلرك حاصله‌لری ر وبو حاصله‌نك نقطهٔ تطبیقنك مستویٔ مذکور اولان بعدی ط ایله اشعار اولندقده $\text{ط}\,\text{ر} = \text{ق}\,\text{ل} + \text{ق}_{\text{١}}\text{ل}_{\text{١}} + \text{ق}_{\text{٢}}\text{ل}_{\text{٢}} + \ldots\ldots$ اولوب بورادن

$\text{ط} = \dfrac{\text{ق}\,\text{ل} + \text{ق}_{\text{١}}\text{ل}_{\text{١}} + \ldots}{\text{ر}}$ و ر یرینه $\text{ق} + \text{ق}_{\text{١}} + \text{ق}_{\text{٢}} + \ldots$ مساویسی وضع اولنه‌رق

$\text{ط} = \dfrac{\text{ق}\,\text{ل} + \text{ق}_{\text{١}}\text{ل}_{\text{١}} + \text{ق}_{\text{٢}}\text{ل}_{\text{٢}} + \ldots}{\text{ق} + \text{ق}_{\text{١}} + \text{ق}_{\text{٢}} + \ldots} = \dfrac{\text{مج}\,\text{ق}\,\text{ل}}{\text{مج}\,\text{ق}}$ اوله‌رق عینی وجهله

$\text{ح}_{\text{١}}, \text{ح}_{\text{٢}}$ مستویلرینه اولان $\text{ط}_{\text{١}}, \text{ط}_{\text{٢}}$ بعدلری حساب اولنور . اگر قوتلرك کافه‌سی برمستویده ایسه‌لر مرکزك بومستوی اوزرنده ایکی خطه اولان بعدلری حساب اولنور .

§ ٣ مرکز ثقلت

١٠٥ — . تعریف . برجسمك مرکز ثقلتی بوجسمك نقاط مختلفه‌سنه ثقلتك اجرا ایتدیکی تأثیرلرك حاصله‌سنك نقطهٔ تطبیقندن عبارت اولوب بو تأثیرلر خط شاقول استقامتنه متوجهدر .

حرکت ایتدیریلان جسملرك ابعاد وجسامتنك اصغریتندن خط شاقوللر بربرینه موازی کبی نظر اولنه‌بیلوب بوجهتله « مرکز ثقلت » اشبو قوای متوازیه‌نك مرکزندن عبارت اولور جسمه ویریلان وضعیت هرنه اولور ایسه اولسون (§ ٩٨) ثقلت نقطه‌سی تبدل ایتمز .

جسمك داخلنده‌کی موادك صورت ترتیبی بیلندیکی حالده (§ ١٠٤) ده بیان اولنان اصول ایله مرکز ثقلت نقطه‌سی تعیین اولنه‌بیلور .

۱۰٦ —۰ وزن ۰ ثقلتك برجسمه اولان تأثيراتنك حاصله‌سنه بوجسمك وزنی تسمیه اولنور .

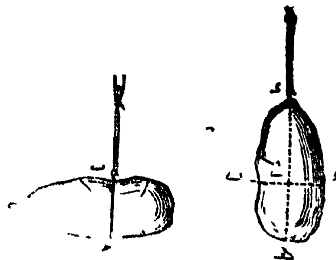
برجسمك وزنی مرکز ثقلتـه تطبیق اولنمش شـاقولی برقوتدن عبارتدر .

برجسمك هرقنغی مقدارده مساوی حجملری مساوی وزنده بولنورلر ایسه بوجسمه « متجانس » تسـمیه اولنور مرکز ثقلته متعلق مواد آتیه‌ده جسملر متجانس فرض اولنمشدرلر .

۱۰۷ —۰ هرنه‌زمان برجسم مرکز ثقلتندن طوتیلور ایسـه وضعیتی نه اولور ایسـه اولسون ثقلتك تحت تأثیرنده بوجسم موازنتـده قالور . — بعض دفعـه مثلا برحلقه‌ده اولدیغی کبی مرکز ثقلت جسمدن خارج اولوب غیر متحول صورتده جسمه مربوط بولندیغی فرض اولنور .

مرکز ثقلتك بالتجربه تعیینی —۰ (شـکل ٦٦) مرکز ثقلتی بولنه‌جق جسم بر ب نقطه‌سندن تعلیق اولنور ایسه جسم مذکور

(شکل ٦٦)



سكونده وموازنتده بولنــديغى جهتله مركز ثقلت ب ح شاقولى اوزرنده بولنور . ديكر بر ء نقطه‌سـندن دخى تعليق اولندقده مركز ثقلت ءه شاقولى اوزرنده دخى بولنديغندن بونلرك ث تلاقى نقطه‌لرى « مركز ثقلت » دن عبارت بولنمش اولور .

كذلك جسم برمنشـور مثلثينك (شكل ٦٧) بر ضـلع مجسمى اوزرينه دخى وضع اولنه‌رق موازنت احداث ايدلدكده مركز ثقلت

(شكل ٦٧)



اشبو ضلع مجسمدن مرور ايدن مستوىء شاقولى درونده واقع اولور . اكر جسـمك شكلنك بر محورى موحود ايســه يالكز بر عمليات كفايت ايدوب اكر جسم كيف ما اتفق ايسه اوچ عمليات اجراسى اقتضا ايدر اجسام متجانسه كبى اجسام غير متجانسه‌نك دخى بووجهله بالتجربه مركز ثقلتلرى تعيين اولنه‌بيلور .

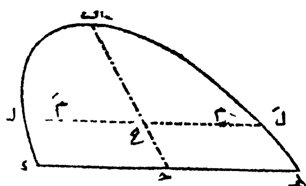
١٠٨ —. سطوح وخطوطك مركز ثقلتى —. خطوسطحلر مادى اولمدقلرندن ثقلتك تحت تأثيرنده بولنمزلر ايسه‌ده نظرى اوله‌رق بونلرك وزنلرى وار كبى ملاحظـه اولنـه‌رق مركز ثقلتلرى تحرى اولنه‌بيلور . هرنه‌زمان برجسم صلب مثلا بركاغد طبقه‌سى و ياتنكه پارچه‌سى كبى غايت اينجه اولور ايسـه جسمك

مركز ثقلتی حس اولنمیه‌جق درجه‌ده سطحنك مركز ثقلتنه منطبق بولنور .

١٠٩ —. مركز ثقلت تحریسنه دائر قواعد .

(١)° —. اكر برسطح‌مستوینك مستقیم برقطری (ب) موجود ایسه مركز ثقلتی بوقطر اوزرنده واقع اولور . (شكل ٦٨) اكر ب ح خطی د ه یه موازی وترلر ایچون برقطردن عبارت

(شكل ٦٨)



ایسه خط مذكور اوزرنده كافهٔ وترلرك منتصف نقطه‌لری بولنوب وقطرك برطرفندن هرقنغی بر م نقطه‌سی آلنسه دیكر طرفنده م ح = مَ ح اوله‌جق وجهله برمَ نقطه‌سی موجود بولنور .

(ب) برمستوی ویاسطحك هرقنغی براستقامته موازی كافهٔ وترلرینی تنصیف ایدن خط مستقیم ویامستوی‌یه بومستوی ویاسطحك « قطرمستقیمی » ویاخود (مستوئ قطریسی) تسمیه اولنور. ایكی مساوی قسمه تقسیم ایتدیكی وترلره عمود واقع اولان قطر مستقیم ویا مستوئ قطری‌یه « محور » ویا « مستوئ تناظر » دینور .

م و مَ جزؤ فردلرینـك وزنلری بربرینه مسـاوی بولندیغندن حاصله‌لرینك نقطهٔ تطبیقی قطر اوزرنده کائن ح نقطه‌سی اولمش اولور .

سطحك کافهٔ نقطه‌لری بووجهله ایکیشر ایکیشر آلنه‌رق ب ح اوزنده برنقطه‌یه تطبیق اولنمق اوزره بر حاصلهٔ جزئیه اعطـا ایتدکلرندن بوصورتده مجموع حاصله‌نك نقطهٔ تطبیقی یعنی جسمك مرکز ثقلتی دخی ب ح خطی اوزرنده واقع اولمش اولور

(٢)°— . اکر برسطح ویا جسمك برمستویٔ قطریسی موجود ایسه مرکز ثقلتی بومستوی اوزرنده بولنور . (عینی اثبات)

(٣)°— . اکر برمستوی ویا محور تناظر موجود ایسه مرکز ثقلت اشبو مستوی ویا محور اوزرنده واقع اولور .

(٤)°— . اکرجسمك (هندسه‌ده بیان اولندیغی وجهله) بر مرکزشکلیسی وار ایسه مرکز ثقلت اشبو مرکز شکلدن عبارت بولنور چونکه شکلك کافهٔ قطرلری بونقطه‌ده تلاقی ایدرلر .

(٥)°— . هرنه‌زمان بر جسم مرکزثقلتلری بر خط مستقیم ویا برمســتوی درونده بولنه‌جق صورتده اقســام متعدده‌یه تحلیل اولنه بیلور ایسه جسمك مرکز ثقلتی بوخط ویا مستوی اوزرنده بولنور .

١١٠ —. نتایج — (١)° بر خط مســتقیمك مرکز ثقلتی کندی منتصف نقطه‌سنده ، (§ ١٠٩ ، ٤°) برشکل منتظم محیطنك وبردائره‌نك بر قطع ناقصك مرکز ثقلتلری کندی

مركزلرنده بر متوازی الاضلاع محیطنك مركز ثقلتی قطرلرینك تلاقی نقطه‌سنده واقع اولور .

(٢)° برذوكثیر الاضلاع منتظمك ، بردائره‌نك برقطع ناقص وكره وقطع ناقص مجسم دورانی ومتوازی السطوح سطحلرینك مركز ثقلتی (§ ١٠٩ ، ؟) كندی مركزلرندن عبارت بولنور.

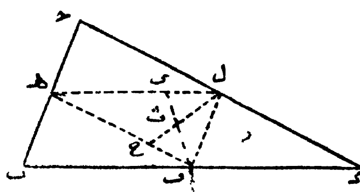
(٣)° كره ، قطع ناقص مجسم دورانی، متوازی السطوح حجمنك مركزثقلتلری (§ ١٠٩ , ؟) كندی مركزلرندن عبارت اولور.

(٤)° هرقنغی برجسم دورانیك حجم ویا سطحنك مركز ثقلتی (§ ١٠٩ ، ؟) كندی محوری اوزرنده بولنور .

خطوطك مركز ثقلتلری

١١١ —۰ برمثلث محیطنك مركز ثقلتی — اضلاع مثلثك منتصف نقطه‌لری بینلرینی وصل ایله تشكیل اولنان مثلثك زوایای ثالثه‌سی خط ناصفلرینك نقطهٔ تلاقیسندن عبارتدر . (شكل ٦٩) ب ح ی مثلثك اوچ ضلعندن هربرینك مركز ثقلتی كندی وسطنده بولنوب بوصورتده اوچ ﻫ ، ف ، ل منتصف

(شكل ٦٩)



نقطه‌لرینه تطبیق اولنان واضلاع ثلثه‌نك طو لیله متناسب بولنان اوچ قوتك تركیبی اقتضا ایدر .

ﻫ و ف قوتلرینك حاصله‌لرینك نقطهٔ تطبیقی ح اولسه (§ ۹۱) $\frac{\text{ح ﻫ}}{\text{ف ح}} = \frac{\text{ف}}{\text{ﻫ}}$ اولوب لكن ب ى = ۲ ﻫ ل و ب ح = ۲ ف ل اولدیغندن $\frac{\text{ب ى}}{\text{ب ح}} = \frac{\text{ﻫ ل}}{\text{ف ل}}$ وبوسببله $\frac{\text{ﻫ ح}}{\text{ف ح}} = \frac{\text{ﻫ ل}}{\text{ف ل}}$ اولمغله (هندسه‌ده كورلدیكی اوزره) ل ح خطی ﻫ ل ف زاویه‌سنك خط ناصفندن عبارت بولنور . مركز ثقلت مطلوبی استحصال ایتمك ایچون ﻫ ، ف قوتلرینك حاصله‌سی اولان ح قوتنی اوچنجی ل قوتیله تركیب ایتمك اقتضا ایتدیكندن نقطهٔ مذكور ل ح خطی‌اوزرنده واقع اولور . عینی وجهله مركز ثقلت نقطه‌سنك دیكر بر خط ناصف مثلا ف ى اوزرنده دخی بولندیغی ارائه اولنه‌بیله‌جكندن بوصورتده ﻫ ل ف مثلثنك زوایای ثلثه‌سی خط ناصفلرینك ث نقطهٔ تلاقیلرندن عبارت اولوب مطلوب حاصل اولور .

۱۱۲ —• ذوكثیرالاضلاع منتظم خطنك مركز ثقلتی . خط مذكور مركزینی بوخطك وسطنه وصل ایدن خطك اوزرنده ومركزدن اعتباراً اشبو خط ووتری ومركزدن برضلعی اوزرینه تنزیل اولنان عمودك رابع متناسبندن عبارت بربعدده بولنور .

(شكل ۷۰) نقطهٔ مطلوبه اولا (§ ۱۰۹ , ۲°) م مَ محور تناظری اوزرنده بولنور مركزثقلت نقطه‌سی ث ومجهول اولان م ث مسافه‌سی س ایله اشعار اولنه‌رق ذوكثیرالاضلاع ضلعلری وزنلرینك مَ نقطه‌سندن م مَ نه عمود بر مستوی‌یه نسبتله آنلری اخذ وذوكثیر الاضلاع محیطی یعنی ضلعلری مجموعی

(شکل ۷۰)

ل ایله اشعار اولندقده (§ ۱۰۳)

$$ل س = ب ح \times و وَ + ح د \times م مَ + \ldots$$

حاصل اولوب لکن وَ مَ و و ب ح ل مثلثلرینک مشابهتندن $\frac{ب ح}{م مَ} = \frac{ب ل}{و وَ}$ ∴ ب ح × و وَ = ب ل × و مَ ویاخود ذوکثیر الاضلاعک مرکزندن برضلعی اوزرینه تنزیل اولنان عمود ر ایله اشعار اولنه‌رق ب ح × و وَ = ر × بَ حَ اولوب عینی وجهله ح د × م مَ = ر × حَ دَ بولنوب بوصورتده ل س = ر (بَ حَ + حَ دَ + ...) = ر × بَ هَ ∴ بَ هَ وتری د ایله اشعار اولنه‌رق س = $\frac{ر د}{ل}$ اولوب مطلوب ثابت اولور .

۱۱۳ — . بردائره قوسنک مرکز ثقلتی — قوس مذکورک وسطندن مرور ایدن نصف قطر اوزرنده ومرکزدن نصف قطر وتر وقوسک طولنک رابع متناسبندن عبارت بربعده بولنور .
فی الحقیقه بر قوس ضلعلرینک عددی نامتناهی تزاید ایدن بر ذوکثیر الاضلاعک ضلعلرینک غایتی کبی ملاحظه اولنور . بوحالده

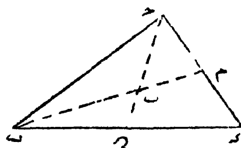
مركزدن ذوكثير الاضلاعك ضلعلرندن برى اوزرينه نازل اولان عمود نصف قطردن عبارت اولوب (§ ١١٢) ده بولنان دستور دخى $\text{س} = \frac{\text{نصف قطر} \times \text{وتر}}{\text{قوس}} = \frac{\text{ر} \times \text{ء}}{\text{ل}}$ شكلنى اخذ ايدر . قوس نصف محيط دائره‌دن عبارت ايسه س $= \frac{\text{ر}\,٢ \times \text{ر}}{\text{ر}\,\pi} = \frac{\text{ر}\,٢}{\pi}$ اولور .

سطوحك مركز ثقلت

١١٤ —• برمثلث سطحنك مركز ثقلتى — هرضلعنك منتصف نقطه‌لرينى مقابل رأسلره وصل ايدن خطلرك نقطهٔ تلاقيلرندن عبارتدر .

(شكل ٧١) ح نقطه‌سنى ب ء ضلعنك ه وسطنه وصل ايدن ه ح خطى ب ء ضلعنه موازى كافهٔ وترلرى تنصيف ايلديكندن (§ ١٠٩ ، ٩) مركز ثقلت بو خط اوزرنده بولنور

(شكل ٧١)

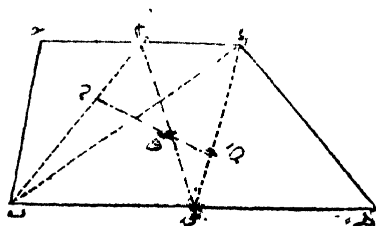


عينى وجهله ب م ضلعى اوزرنده دخى بولنه‌جغندن بو جهتله رأسلردن مرور واضلاع مثلثى تنصيف ايدن بوخطلرك ث نقطهٔ تلاقيلرنده يعنى (هندسه ده معلوم اولديغى وجهله) رأسدن اعتباراً هرقنغى برينك ٢/٣ قسمنده بولنمش اولور .

١١٥ —. شبه منحرفك مركز ثقلتی.

(شكل ٧٢) قاعده‌لرك و سطلرينی وصل ايدن م ن خطی ب ه يه موازی وترلرك قطری اولوب (١٠٩ § ، ١°) مركز

(شكل ٧٢)



ثقلت بوخط اوزرنده بولنور اكر ب ج د ، ب د ه مثلثلرينك مركز ثقلتلری ە ، ەَ نقطه‌لرندن عبارت ايسه مركز ثقلت (١٠٩ § ، ٥°) ە ەَ خطی اوزرنده دخی بولنمغله بونلرك ث نقطهٔ تلاقيسی شبه منحرفك مركز ثقلتندن عبارت اولمش اولور.

---

١١٦ —. ث نقطه‌سنك م ن خطنی نه نسبتده تقسيم ايتديكنی تحری ايده‌لم :

(شكل ٧٣) ث نقطه‌سنك ب ه و ج د قاعده‌لرينه اولان مسافه‌سی س و ع ايله اشعار اولندقده $\frac{ث ط}{م ث} = \frac{س}{ع}$ اولور.

ە و ەَ قوتلرينك و ث حاصله‌سنك ب ه دن مرور وشكلك مستويسنه عمود بر مستوی‌يه نسبتله آنلری اخذ و ب ه = ج ، ج د = جَ ، ك ى = ط وشبه منحرف ح ايله اشعار اولندقده

ح س = ب د ه × هَ ى + ب ح د × ه و ∴ ح س = حَ ط/۲ ×
ط/۳ + حَ ط/۲ × ۲ط/۳ = ط^۲/٦ (ح + ۲ حَ) . . . (۱) اولور .
حد خطندن مرور وشکلك مستویسنه عمود بر مستوی یه نسبتله

(شکل ۷۳)

آنلراخذ اولنه‌رق ح ع = ب ح د × ه ل + ب د ه × هَ ح
= حَ ط/۲ × ط/۳ + ح ط/۲ × ۲ط/۳ ∴ ح ع = ط^۲/٦ (حَ + ۲ح) . . .
(۲) اولمغله ۱ و ۲ مناسبتلری یکدیکریله تقسیم اولنه‌رق س/ع
یاخود ث ط / ث م = (ح + ۲ حَ) / (هَ + ۲ ح) اولمش اولور .

۱۱۷ — اشبو دستور اعانه‌سیله شبه منحرفك مرکز ثقلتی ترسیماً بالسهوله تعیین اولنه‌بیلور (شکل ۷٤) هرقاعده دیکرینه

(شکل ۷٤)

مساوی مقدارده استقامت اوزره تمدید وحاصل اولان ل و ف نقطه‌لری وصل اولنـدقده خط واصلك مڢ خطیـله ث نقطهٔ تلاقیسی شـبه منحرفك مرکز ثقلتندن عبـارت بولنمش اولور .

فی‌الحقیقه ث ڢ ل و ث م ف مثلثلرینك مشابهتندن $\frac{ث ڢ}{ث م} = \frac{\frac{ح}{٢}+ح}{\frac{ح}{٢}+ح} = \frac{ح + ٢ حَ}{حَ + ٢ ح}$ مناسبتی حاصل اولور .

١١٨ —• هرقنغی برذواربعة الاضلاعك مرکز ثقلتی

(شکل ٧٥) ب د قـطری ذواربعة الاضـلاعی مرکز ثقلتلری ڢ و مٓ نقطه‌لرندن عبارت اولان ایکی مثلثه تقسیم ایدوب ذواربعة الاضلاعك مرکز

(شکل ٧٥)

تقلتی (§١٠٩,٥) ڢ مٓ خطی اوزرنده بولنـور . عینی وجهـله ح ه قطری ذواربعة الاضلاعی مرکز ثقلتلری مه و مٓ نقطه‌لرندن عبارت دیکر ایکی مثلثه تفریق ایدوب ذواربعة الاضلاعك مرکز ثقلتی کذلك مه مٓ خطی اوزرنده دخی بولنمغله بوایکی خطك ث نقطهٔ تلاقیلری مرکزثقلت مطلوبدن عبارت اولمش اولور .

١١٩ —• هرقنغی برذوکثیر الاضلاعك مرکز ثقلتی .

کیف ما اتفق بر ذو کثیر الاضلاعك مرکز ثقلتی تعیین ایتمك ایچون بر طاقم مثلثلره تقسیم اولنور بو مثلثلردن هر برینك مرکز ثقلتنه مثلثك سطحیله متناسب شاقولی بر قوت تأثیر ایتدیکندن قوای مذکوره‌نك مرکزی تحری اولنان نقطه‌دن عبارت اولمش اولور ۰

۱۲۰ — ۰ برقطاع دائره‌نك مرکز ثقلتی ۰

برقطاع دائره رأسلری مرکز وضلعلری قطاع مذکور قوسنك متشکل اولدیغی فرض اولنان اجزاء مستقیمه‌دن عبارت بر طاقم مثلثلردن تشکل ایتمش کبی ملاحظه اولنه بیلور ۰ (شکل ۸۶) قطاعی تشکیل ایدن ب م ح و ح م ی و ۰۰۰ اصغر مثلثلرینك ۵ , ۵ , ۰۰۰۰۰ مرکز ثقلتلری (§ ۱۱٤) مرکزدن

(شکل ۷٦)

اعتباراً نصف قطرلرك $\frac{2}{3}$ قسمنده بولندقلرندن م نقطه‌سی مرکز و م ه = $\frac{2}{3}$ م ب نصف قطریله مرسوم ل ه ف قوسی اوزرنده منتظماً توزیع اولنمش بولنورلر ۰

بو صورتده قطاعك مرکز ثقلتی ل ه ف قوسنك مرکز ثقلتندن عبارت بولنوب بو نقطه ث دن عبارت اولسه (§ ۱۱۳) م ث = $\frac{\text{م ه} \times \text{ل ف}}{\text{ل ه ف}}$ =

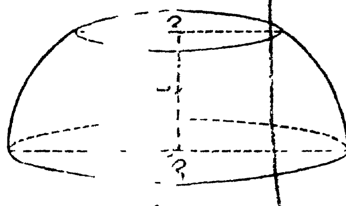
$\frac{\frac{2}{3}\text{ر} \times \frac{2}{3}\text{ب ح}}{\frac{2}{3}\text{ب ی ح}} = \frac{\frac{2}{3}\text{ر} \times \text{ب ح}}{\text{ب ی ح}}$ ویاخود م ث = $\frac{2}{3}\ \frac{\text{نصف قطر} \times \text{وتر}}{\text{قوس}}$

اولمش اولور ۰ بر نصف دائره ایچون م ث = $\frac{2}{3}\ \frac{\text{ر} \times 2\text{ر}}{\pi\,\text{ر}} = \frac{4}{3}\ \frac{\text{ر}}{\pi}$

اولور ۰

۱۲۱ —. برمنطقهٔ کرەنك مرکز ثقلتی — قاعدەلرینك مرکزلرینی وصل ایدن خطك منتصف نقطەسندن عبارت بولنور. فی الحقیقه (شکل ۷۷) ه‍ ۹ خطی شکلك محوری اولدیغندن منطقەنك مرکز ثقلتی بوخط اوزرنده

(شکل ۷۷)



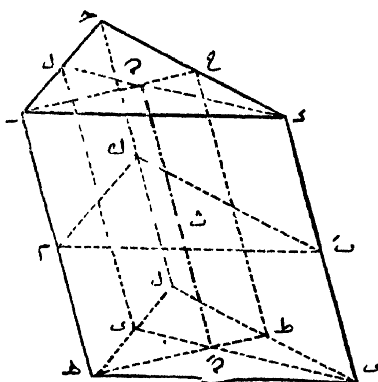
بولنور. اکر قاعدەلره موازی ابعاد متساویەده بر طاقم مستویلر امرار اولنور ایسه مرکز ثقلتلری ه‍ ۹ اوزرنده بولنان معادل برطاقم منطقەلر استحصال اولنور. بومرکزلرك کافەسنه مساوی قوتلر تطبیق اولنمش اولوب مستویلر بیننده کی مسافه نه اولور ایسه اولسون یینه بووجهله بولندیغی جهتله قوای مذکوره ه‍ ۹ محوری اوزرینه منتظماً توزیع اولنمش اولەرق حاصلەلری دخی بومحورك ث منتصف نقطەسنه تطبیق اولنور. بوصورتده نقطهٔ مذکوره منطقەنك مرکز ثقلتندن عبارت بولنمش اولور.

حجملرك مرکز ثقلتی

۱۲۲ —. برمنشورك مرکز ثقلتی — قاعدەلرینك مرکز ثقلتلری بینی وصل ایدن خطك منتصف نقطەسنده بولنور.

۱) —. منشور مثلثی. (شکل ۷۸) د ح و ف ل ضلعلرینك ح و ط وسطلریله ب ه دن مرور ایدن ب ح ط ه مستویسی د ء ضلعنه نسبتله برمستویٔ قطری اولمغله (§ ۱۰۹ , ۲) مرکز ثقلت بومستوی اوزرنده بولنور.

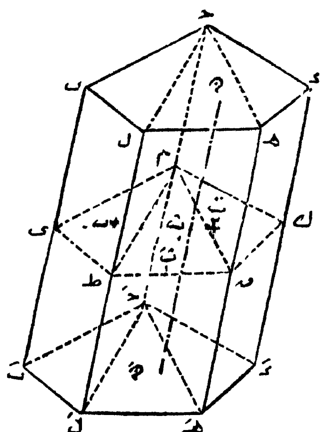
(شکل ۷۸)



عینی وجهله ی ل ی ف مستویسی اوزرنده دخی بولندیغندن نقطهٔ مذکوره اشبو مستویلرك ﻫ ﻫَ فصل مشترکلری اوزرنده بولنور . ضلع مجسملرك وسطلرندن مرور ایدن م ك ف مستویسی بوضلعلره موازی خطلر ایچون مستوئ قطری اولدیغندن بومستوینك (ﻫ ﻫَ) نی قطع ایتدیکی ث نقطه‌سی یعنی ﻫ ﻫَ خطنك منتصف نقطه‌سی منشورك مرکز ثقلتندن عبارت بولنمش اولور .

(۲) — ۰ منشور کیف مااتفق فرض اولنه‌رق (شکل ۷۹) برطاقم منشور مثلثیلره تقسیم اولندقده بومنشور مثلثیلرك ث، ثَ مرکز ثقلتلری بروجه بالا ضلع مجسملرك وسطندن مرور ایدن ی ك مستویسی اوزرنده واقع اولوب بونقطه‌لردن هربری ی م ط و ط م ﻫ و ﻫ م ك مثلثلرینك دخی مرکز ثقلتلرندن عبارتدر .

(شكل ٧٩)



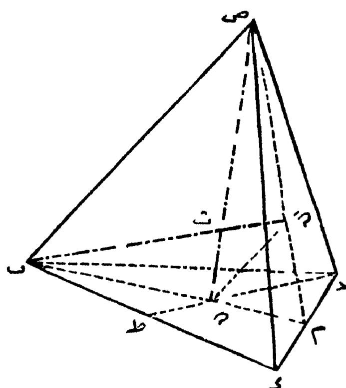
عینی ارتفاعده بولنان منشور مثلثلر قاعده‌لری نسبتنده اولدیغندن
بومنشورمثلثلرك وزنلری ی م ط و ط م ه و ه م ك مثلثلرینك
سطحلری نسبتنده بولنمغله ثَ ، ثَ ، ثَ قوتلرینك حاصله‌لری
ی م ك ه ط ذوکثیر الاضلاعنك ثَ مرکزثقلتنه تطبیق اولنمش
بولنور ث نقطه‌سی منشورك قاعدلرینك مرکز ثقلتلرینی بربرینه
وصل ایدن ﻫ ﻫَ خطنك منتصف نقطه‌سندن عبارت بولندیغندن
مطلوب ثابت اولمش اولور . اسطوانه وجهلری نا متناهی
عدده برمنشورکبی ملاحظه اولنه‌بیلدیکندن « براسطوانه‌نك
مرکزثقلتی قاعده‌لرینك مرکزثقلتلرینی وصل ایدن خطك منتصف
نقطه‌سندن » عبارت بولنمش اولور .

١٢٣ —ـ. براهرامك مرکز ثقلتی — رأسیله قاعده‌سی مرکز

ثقلتی بینی وصل ایدن خطك اوزرنده وراسدن اعتباراً اشبو خطك ¾ قسمنده بولنور .

(١)° اهرام مثاثی — ٠ (شکل ٨٠) (حد) لك وسطندن مرور ایدن ص م ب مستویسیله ص حط دستویسی برر مستوی

(شکل ٨٠)



قطری اولدقلرندن مرکز مطلوب بونلرك ص ه فصل مشترکلری اوزرنده بولنورکه بوخط ب حد وجهنك ه مرکزثقلتی ص رأسنه وصل ایدر عینی وجهله مرکزثقلت ب رأسنی حدص وجهنك مرکز ثقلتنه وصل ایدن بَ ه خطی اوزرنده دخی بولنمغله ب ص م مستویسی دروننده کائن اولان اشبو ایکی ص ه و ب ه خطلرینك ث نقطهٔ تلاقیسی مرکز ثقلت مطلوبدن عبارت اولور .

امدی ه ث ه و ص ث ب مشابه مثلثلرندن $\frac{ه ث}{ث ص} = \frac{ه ه}{ب ص}$

اولوب ەکە م و ب ص م مثلثلرینك مشابهتندن دخی

$\frac{\text{ەکە}}{\text{ب ص}} = \frac{\text{ە م}}{\text{ب ە}}$ اولور. لکن (§ ١١٤) $\frac{\text{ە م}}{\text{ب ە}} = \frac{١}{٣}$ اولدیغندن

$\frac{\text{ە ث}}{\text{ث ص}} = \frac{١}{٣}$ وبووجهله $\frac{\text{ە ث}}{\text{ە ص}} = \frac{١}{٤}$ یاخود $\frac{\text{ص ث}}{\text{ص ە}} = \frac{٣}{٤}$ اولوب

مطلوب ثابت اولور.

(٢)° اهرام کیف ما اتفق ایسه عینیله (§ ١٢٢) ده اولدیغی

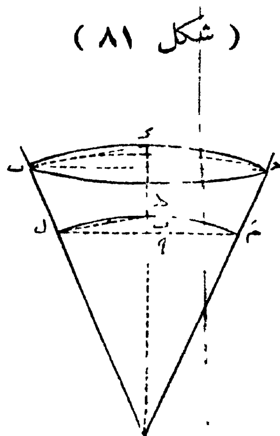
وجهله اثبات اولنور.

١٢٤ —. برقطاع کرەنك مرکز ثقلتی.

(شکل ٨١) قطاع مذکورە رأسلری م وارتفاعلری نصف

قطردن عبارت اولمق اوزرە مساوی ونامتناهی عددده برطاقم

(شکل ٨١)



اهراملردن مرکب کبی نظر اولنەبیلوب بواهراملرك مرکز

ثقلتلری (§ ١٢٣) مرکزدن اعتباراً نصف قطرك $\frac{٣}{٤}$ قسمندە

بولندقلرندن م ل = ٣/٤ م ب نصف قطريله مرسوم منطقه اوزرينه منتظماً توزيع اولنمش بولنورلر بوصورتده مركز ثقلت مطلوب بومنطقه‌نك مركز ثقلتندن يعنی (§ ١٢١) هـ ح ارتفاعنك ث منتصف نقطه‌سندن عبارت بولنمغله م ث بعدينی تعيين ايتمك اقتضا ايدر. م ث = م هـ — هـ ث = ٣/٤ ر — ١/٢ هـ ح اولوب ب ء و ل هـ وصل اولندقده هـ ح / ء ل = هـ ل / ب ء = م ل / م ب = ٣/٤ اولديغندن قطاع دائره‌نك قاعده‌سی اولان منطقه‌نك ء ل ارتفاعی ح ايله اشعار اولنه‌رق هـ ح = ٣/٤ ح اولور. بوصورتده م ث = ٣/٤ ر — ٣/٨ ح ياخود م ث = ٣/٨ (٢ ر — ح) اولمش اولور. برنصف كره‌نك مركز ثقلتی ايچون ح = ر اولديغندن م ث = ٣/٨ ر اولمش اولور.

غيری موازی قوتلر

§ ١ برجسم صلبه تطبيق اولنان قوای متعدده‌نك تقليل ويا تركيبی

١٢٥ —• دعوی. برجسم صلبه تطبيق اولنان كافهٔ قوتلر يرينه بری كيف ماتفق بر نقطه‌دن كچمك اوزره ايكی قوت وضع واقامه اولنه‌بيلور.

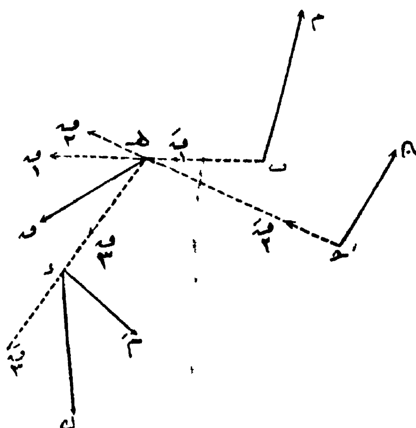
بونی اثبات ايتمك ايچون (١)° برجسم صلبه تطبيق اولنان قوای

مختلفه نك استنلديكی كبی انتخاب اولنان اوچ نقطه‌دن مرور ایتمك اوزره اوچ قوته ارجاع اولنه‌بيلديكی (٢)° اشبو اوچ قوتك يرينه يالكز ايكی قوتك وضع واقامه اولنه‌بيله‌جكی بر وجه آتی اثبات اولنور .

١٢٦ —. (١)° —. برجسم صلبه تطبيق اولنان كافهٔ قوتلر استنلديكی كبی انتخاب اولنان اوچ نقطه‌دن مرور ايتمك اوزره اوچ قوته تقليل اولنه‌بيلورلر .

(شكل ٨٢) برخط مستقيم اوزرنده بولنمامق اوزره كيف ماتفق انتخاب اولنان جسم صلبك اوچ نقطه‌سی ب ، ح ، د و بو جسمك

(شكل ٨٢)



بر ه نقطه‌سنه تطبيق اولنان قوتلردن ری و ه اولسه : و ه

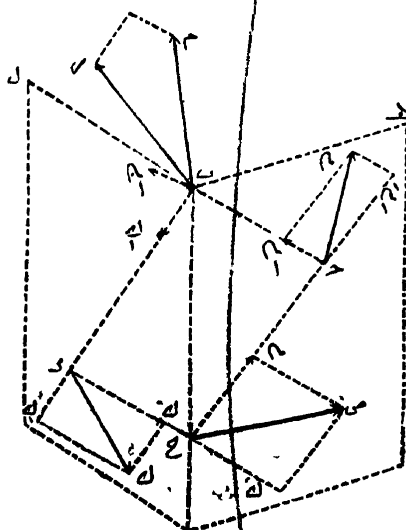
قوتی (§ ٧٧) ب‌ه ، ه‌ح ، ه‌د استقامتلرنده ڤ١ ، ڤ٢ ، ڤ٣ قوتلرینه وجسم صلبه تطبیق اولنان قوای سائره دخی عینی وجهله اوچر قوته تحلیل اولنور . استقامتلری ب نقطه‌سندن مرور ایدن کافهٔ مرکبلر بونقطه‌یه نقل اولنه‌رق بالترکیب م مثللو برحاصله اعطا ایدرلر استقامتلری ح و ء نقطه‌لرندن مرور ایدن مرکبلر دخی بونقطه‌لره نقل وترکیب اولنه‌رق ن و ك حاصله‌لری بولنور بوصورتده جسم صلبه تطبیق اولان کافهٔ قوتلر ب ، ح ، د نقطه‌لرندن مرور ایدن اوچ قوته تقلیل اولنمش اولورلر .

١٢٧ —— (٢)° قوای ثلثه دائما بری استنلدیکی کبی انتخاب اولنان برنقطه‌دن کچمك اوزره ایکی قوته ارجاع اولنه‌بیلور .

(شکل ٨٣) انتخاب اولنان نقطه ب اولسه جسم صلبه تطبیق اولنان کافهٔ قوتلر برینه وضع واقامه اولنه‌بیلان م ، ن ، ك قوای ثلثه‌سنی ایکی‌یه تقلیل ایتمك ایچون ب نقطه‌سیله ح‌ن استقامتندن بر هـ مستویسی وکذا ب نقطه‌سیله دك استقامتندن ل مستویسی امرار اولنور ایسه بوایکی مستوی یکدیکرینی هرقنغی بر ب‌ح خطی استقامتنده قطع ایدرلر بوفصل مشترك اوزرنده استنلدیکی کبی بر ح نقطه‌سی انتخاب و ح‌ب ، ءح ، ءب ، ءح خطلری وصل و ن قوتیله ح‌ب و ءح خطلری برمستوی اوزرنده بولندیغندن ن قوتی (§ ٧٧) ن١ و ن٢ استقامتلرینه متوجه ایکی قوته وعینی وجهله ك دخی ك١ و ك٢ قوتلرینه تحلیل اولنور . ن١ و ك مرکبلری ب نقطه‌سنه ن٢ و ك٢ دخی ح

نقطه‌سنه نقل اولنه‌بیلوب ب نقطه‌سنده متقاطع اولان م , ﻙ قوتلری ترکیب اولنه‌رق ر حاصله‌سی تعیین وعینی وجهله ح

(شکل ۸۳)



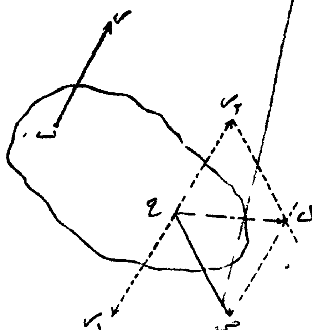
نقطه‌سنده متقاطع اولان ﻙ , ﻙ قوتلری دخی بالترکیب ص حاصله‌سی تعیین اولنور . بوصورتده جسم صلبه تطبیق اولنان کافهٔ قوتلر بری استندیکی کبی انتخاب اولنان ب نقطه‌سندن مرور ایتمك اوزره یالکز ایکی ر و ص قوتلرینه ارجاع اولنمش بولنورلر .

تنبیه — ح و د نقطه‌لری استندیکی کبی انتخاب اولنوب ح دخی فصل مشترك اوزرنده کیف ما اتفق برنقطه اولدیغندن مسئله‌نك نامتناهی حلی بولنمش اولور .

۱۲۸ — ۰ دعوی — برجسم صلبه تطبیق اولنان کافهٔ قوتلر برقوت ایله برمتزاوجتینه ارجاع اولنه بیلور ۰

مواد سابقه‌یه نظراً جسم صلبه تطبیق اولنان قوتلر (شکل ٨٤) ب و ح نقطه‌لرینه تطبیق اولنمش ایکی ر و ص قوتلرینه ارجاع اولنور ح

(شکل ٨٤)



نقطه‌سنده ر یه مساوی وبربرینه مخالف ایکی قوت ملاحظه اولندقده : ر۲ و ص قوتلرینک ك حاصله‌سی موجود اولوب ر۱ و ر قوتلری ایسه برمتزاوجتین تشکیل ایدرلر ۰ بوصورتده جسم صلبه تطبیق اولنان قوتلر یالکز بر ك حاصله‌سیله برمتزاوجتینه ارجاع اولنمش اولورلر ۰

۱۲۹ — ۰ برجسم صلبه تطبیق اولنان قوتلرك یالکز برحاصله‌لری اولمق ایچون لازمکلان شرائط — ۰ اکر جسمه صلبه تطبیق اولنان کافهٔ قوتلرك ارجاع اولندقلری ر و ص قوتلری برمستویده دکل ایسه‌لر ۰ بوقوتلر یالکز برحاصله‌یه ارجاع اولنه‌مزلر ۰ فی‌الحقیقه ایکی قوتك یالکز برحاصله‌لری اوله بیلك ایچون برمتزاوجتین تشکیل ایتامك اوزره بوقوتلرك برمستویده بولنملری لازم وکافیدر ۰

چونکه : بوحالده قوتلر یاموازی ویا متقاطع اولدقلرندن یالکز برقوته ترکیب اولنه بیلورلر ۰

§ ٢ جسم صلبك موازنتی

سربست اولان جسم صلب

١٣٠ —۰ برجسم‌صلبه تطبیق اولنان‌کافهٔ قوتلر ایکی ر و ص قوتلرینه‌ارجاع اولنه‌بیلوب اگراعطا اولنان قوتلریکدیکرینه موازی ایسه‌لر ر و ص حاصله‌لری دخی (§ ٩٧) کذلك موازی اولوب بوجهتله برمستویده واقع اولورلر . اگرقوتلرکیف مااتفق ایسه‌لر ر و ص حاصله‌لرینك بومستویده بولنماملری واقع اوله‌بیلور .

بوصورتده برجسم صلبك موازنتی ایچون بروجه آتی حالات مختلفه تفریق اولنور .

(١)° ر و ص حاصله‌لری بربرینه مساوی ومقابل واقع اولمشلر ایسه جسم صلب تطبیق اولنان قوتلرك تحت تأثیرنده موازنتده قالمش اولور .

(٢)° ر و ص حاصله‌لری متزاوجتین تشکیل ایتمامك اوزره برمستویده ایسه‌لر بونلرك یالکز برحاصله‌لری اوله‌بیلوب جسم دخی برحرکت انتقالیه ایله متحرك بولنور . بو حالده جسم‌صلبی موازنت حالنه ارجاع ایتمك ایچون ر و ص قوتلرینك حاصله‌لرینه مساوی ومقابل برقوت تطبیق ایتمك ایجاب ایدر .

(٣)° ر و ص قوتلری برمتزاوجتین تشکیل ایدرلر ایسه جسم (§ ٩٥) برحرکت دورانیه ایله متحرك اولوب جسم صلبی موازنت حالنه ارجاع ایچون متزاوجتینی امحا ایتمك اقتضا ایدرکه بوده لااقل ایکی قوته ومثلا برنجی طاقم متزاوجتیننه مساوی فقط جهتلری مخالف ایکنجی طاقم متزاوجتیننه احتیاج حاصل ایدر .

(٤)° ر و ص قوتلری برمستویده دکل ایسه‌لر . (§ ١٢٨) جسم برآنده برحرکت دورانیه وبرحرکت انتقالیه ایله متحرك اولوب بوحالده دخی جسمی موازنته ارجاع ایچون لااقل ایکی قوتك تطبیقی اقتضا ایدر .

برمانعدن نطولایی حرکتنده سربست بولنمیان جسم صلب

مانع برنقطه برمحور ویا برمستوی اولدیغنه کوره بروجه آتی اوچ حال ملاحظه اولنور .

١٣١ —. (مانعك برنقطهٔ ثابته اولمسی) —. برنقطهٔ ثابته اطرفنده متحرك برجسم صلبه تطبیق اولنان کافهٔ قوتلرك حاصله‌لری بونقطه‌دن مرور ایدر ایسه جسم موازنتده قالور . فی‌الحقیقه : جسم صلبه تطبیق اولنان کافهٔ قوتلر (§ ١١٧) ایکی ر و ص قوتلرینه ارجاع وبالفرض ر قوتنك نقطهٔ تطبیقی اوله‌رق م نقطهٔ ثابته‌سی اخذ اولنه‌بیلور اکر ص قوتی اشبو م نقطه‌سندن مرور ایتمز ایسه جسم صای نقطهٔ ثابته

اطرافنده دوران ایتدیره بیلوب ومموازنت حالی واقع اولمز اکر ص قوتی م نقطه‌سندن مرور ایدر ایسه ر ایله ترکیب اولنه‌بیلوب نقطهٔ مذکوره‌دن مرور ایدن یالکز برحاصله‌لری تعیین اولنورکه اشبو حاصله دخی بونقطهٔ ثابته‌نك مقاومتیله امحا اولنه‌رق جسم صلب موازنتده قالور .

۱۳۲ —. (مانعك برمحور اولمسی) —. بر محور ثابت اطرافنده متحرك برجسم صلبه تطبیق اولنان کافهٔ قوتلر ایکی قوته ارجاع اولندقدنصکره بونلردن بری محور ایله تلاقی ودیکری عینی مستویده واقع اولور ایسه جسم موازنتده اولور .

محور ایله تلاقی ایدن قوت محورك ثباتیله امحا اولنوب اکر ایکنجی قوت بومحور ایله برمستویده ایسه محور امتدادنجه جسمی قایدیرمغه ساعی بولنور حالبوکه جسم یالکز بومحور اطرافنده دوران ایده‌بیلور فرض اولندیغندن بوقابمه دخی ممکن اوله‌میوب بوصورتده موازنت حالی واقع اولور . اکر ایکنجی قوت محور ایله برمستویده دکل ایسه بومحور اطرافنده جسمی دوران ایتدیره‌بیلوب بوحالده موازنت موجود بولنمز .

۱۳۳ —. (مانعك برمستوی اولمسی) —. برمستوی اوزرینه استناد ایدن برجسمه تطبیق اولنان کافهٔ قوتلرك حاصله‌لری استناد ذوکثیر الاضلاعنك داخلندن مرور ایتمك اوزره مستویه ناظم

ایسه جسم موازنتده بولنور کافهٔ استناد نقطه‌لرینی محیط اوله‌رق
برذو کثیرالاضلاع محدب تشکیل ایده‌جك و جهله جسمك
مستوی‌یه تماس ایتدیکی نقطه‌لر بینلری خط مستقیملر ایله وصل
اولنه‌رق استناد ذوکثیر الاضلاعی تشکیل اولنور .

ایمدی برمستوی انجق ناظماً عکس التأثیر حاصل ایده‌بیلوب
بوجهتله بر مستوینك برجسم صلبه اولان کافهٔ عکس التأثیری
عینی جهتده قوای متوازیه‌دن عبارت بولنه‌رق حاصله‌لری بالطبع
استناد ذوکثیر الاضلاعنك داخلندن مرور ومستوی‌یه ناظم
اولور . بوعکس التأثیرك جسم صلبی موازنتده طوته‌بیلمسیچون
جسم مذکوره تطبیق اولنان کافهٔ قوتلرك حاصله‌لرینك مستوینك
عکس التأثیرینه مساوی ومقابل بولنمسی یعنی جسمی بومستوی
اوزرینه استناد ایتدیره‌جك وجهله ذوکثیر الاضلاعك داخلندن
مرور ایدرك مستوی‌یه ناظم اولمسی اقتضا ایدر .

ثقلتك تحت تأثیرنده جسم صلب

مواد سابقه‌نك تطبیقیله ثقلتك تحت تأثیرنده بر جسم صلبك
موازنتی مطالعه اولنه بیلور بوحالده جسمك اجزاء فردیه‌سی
برطاقم قوای متوازیه‌نك تحت تأثیرنده بولنوب قوای مذکوره‌نك
حاصله‌سی دخی (§ ١٠٦) مرکز ثقلته تطبیق اولنان جسمك
وزنندن عبارت بولنور .

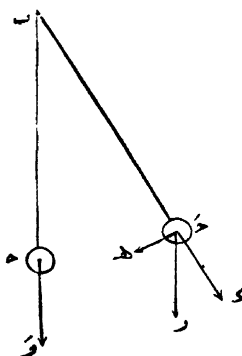
۱۳۴ —ـ برنقطهٔ ثابته ویا برمحور ثابت اطرافـنده برجسم صلبك ثقلتك تحت تأثیرنده موازنتی ایچون (§§ ۱۳۱ و ۱۳۲) مرکزثقلتنك خط شاقولنك نقطهٔ ثابته و یا محور ثابتـدن مرور ایتمسی لازمكلور .

مرکز ثقلت نقطهسـنك نقطه ویا محوره نسـبتله وضعیتنه کوره (موازنت مقرره) و(موازنت غیرمقرره) و (موازنت دائمه) دن عبارت اوچ نوع موازنت تفریق اولنور .

۱۳۵ —ـ موازنت مقرره — بر جسم صـلب موازنت وضعیتندن چیقارلدیغی زمان ثقلت ینـه جسمی بووضعیته ارجاع ایدر ایسه جسم (موازنت مقرره) ده بولنور .

مثلا (شکل ۸۵) بر شاقولك ب‌ح موازنت وضعیتنده وَ وزنی ایپلیکك مقاومتیله امحا اولنوب ب‌حَ مثللو بروضعیتده ایسه وزن

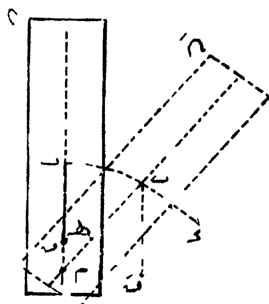
(شکل ۸۵)



مذكور برى ايپليكك استقامتنده ء وديكرى بوكا عمـود بر استقامتده ه مركبلرينه تحليل اولنه‌بيله‌جكندن برنجى مركب ايپليكى كرمكدن بشقه براثر حاصل ايده‌ميوب ايكنجيسى جسمى نزول ايتـديره‌رك موازنت وضعيتنى اخذ ايتـديرر — بونوع موازنتده مركزثقلت ممكن اولديغى قدر اشاغيده بولنور .

۱۳٦ —. موازنت غير مقرره — جسم موازنت وضعيتندن چيقارلدقده ثقلت دها زياده بو وضعيتدن تبعيده ساعى بولنور ايسه جسم (موازنت غير مقرره) ده بولنور . (شـكل ۸٦) مركز ثقلتى ث اولان جسم م نقطه‌سى اطرافنده متحرك اولديغى

(شكل ۸٦)



حالده ۞ وضعيتنده و وزننك استقامتى م نقطهٔ ثابته‌سـندن مرور ايتديكندن بووزن امحا اولنور .

ايكنجى ۞َ وضعيتنـده وزن برى م نقطهٔ ثابته‌سـندن مرور وديكرى بوكا عمود اولمق اوزره ايكى قوته تحليـل اولنـدقده

مرکبلردن برنجیسی محـو اولوب ایکنجیسی جسمی م نقطه‌سی اطرافنده دوران وموازنت مقرره وضعیتنه ارجاع ایچون وضعیت اصلیه‌سندن تبعید ایتدیررکه بونوع موازنت صرف نظریدر .
موازنت غیر مقرره حالنـده مرکز ثقلت ممکن اولدیغی قـدر یوقارووده بولنور .

۱۳۷ —. موازنت دائمـه — برجسم موازنت وضعیتنـدن چیقارلدقده ینه موازنتده قالور ایسه (موازنت دائمه) ده بولنمش اولور بوحالده مرکز ثقلت محور اوزرنده بولنـوب یاخود نقطهٔ ثابته‌دن عبارت اولور .
جسمك وضعیتی تحویل اولنـدیغی زمان مثلا بر مسـتوىٔ افقی اوزرینه موضوع برکره‌ده اولدیغی کبی مرکز ثقلت دائمـا عینی بر مسـتوىٔ افقی اوزرنده بولنور ایسـه جسم کـذلك موازنت دائمه‌ده بولنمش اولور .
اکثریتله برحرکت دورانیه ایله متحرك ماکنـه‌لرده موازنت دائمه تحری اولنوب چرخلر پروانه‌لر وموازنلرك مرکزثقلتلرینك محور اوزرنده بولنمسی لازمکلور .

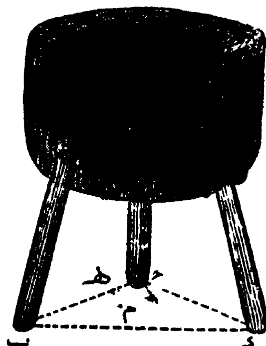
۱۳۸ —. برجسم ثقیل برمستوی اوزرنده موازنتده بولنمق ایچون بومستوینك افقی اولمسی ومرکز ثقلت شـاقولنك استناد ذوکثیرالاضلاعنك داخلندن مرور ایتمسی ایجاب ایدر .
جسمك وزنی شاقولی برقوت اولدیغندن مستوینك عکس‌التأثیری (§ ۱۳۳) شاقولی اولمق ومستوى‌یه ناظم بولنمق ایجاب ایدوب بوصورتله مسـتوینك افقی بولنمسی اقتضـا ایدر . برمخروطك

قاعدەسی یاخود رأسی یاخود برمولدی واسطەسیله برمستوئ
افقی‌یه استنادی موازنت مقررە وموازنت غیر مقررە وموازنت
دائمه‌یه مثال اولور .

١٣٩ — برمستوی اوزرینه موضوع برجسمك موازنت

مقررەسی شرائطی — مرکز ثقلتك شاقولی استناد ذوالکثیر
الاضلاعنك محیطندن نقدر بعید بولنور ایسه موازنت اولقدر
مقررە اولوب مرکز ثقلتك مستوئ افقی‌یه اولان بعدی دخی
نقدر تزاید ایدر ایسه موازنت مقررە اونسبتده تناقص ایدر .
(شکل ٨٧) اکر م ھ مرکز ثقلت شاقولنك محیط مذکورە
بعد اصغریسندن عبارت ایسه حء طرفنه نسبتله ب ح طرفنده

(شکل ٨٧)



جسمك موازنت مقررەسی دها ضعیف اولور . — تکرلکلر
نقدر آچیق ومرکز ثقلت نقدر اشاغیده بولنور ایسه برعربەنك
موازنتی اولقدر مقررە اولدیغندن قورو اوت یوکلی یاخود

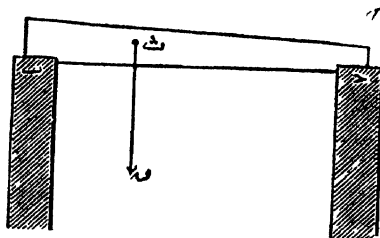
حوله‌سی یوکسك عربه‌لرك موازنتلری آز بولنه‌جغی نمایان اولور .

§ ٣ استناد نقطه‌لری اوزرینه تضییق

١٤٠ —• هرنه‌زمان برجسم یالکز بر نقطه‌سندن مستند بولنور ایسه نقطهٔ استناده اولان تضییق جسمك وزنندن عبارت بولنور .

اکر جسم ایکی نقطه‌سندن مستند ایسه نقطهٔ استنادلرك هربرینه تحمیل اولنان یوك جسمك مرکز ثقلتنك وضعیتنه تابع اولوب (شکل ٨٨) ب ح جسمنك ب و ح نقطه‌لرنده اجرا ایتدیکی تضییق (§ ٩١) ب ث و ح ث بعدلریله معکوساً متناسب بولنور .

(شکل ٨٨)

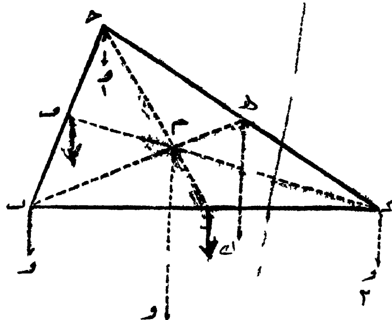


اکر جسم برمستوی٘ افقی‌یه برخط مستقیم اوزرنده بولنمیان اوچ نقطه‌سی واسطه‌سیله موضوع بولنور ایسه نقطهٔ استنادلردن بهرینه اجرا اولنان تضییق دعوای آتی ایله تعیین اولنور .

١٤١ —• اویلرك دعواسی —• (شکل ٨٩) اکر برجسمك

ب ، ح ، ى استناد نقطه‌لری جسمك مركز ثقلتنك م مرتسم افقیسنه وصل اولنورلر ایسه ب ، ح ، ى نقطه‌لرندن هربرینه اجرا اولنان تضییق ح م ى و ب م ى و ب م ح مثلثلریله متناسب اولور .

(شكل ٨٩)



فی‌الحقیقه : م نقطه‌سنه تطبیق اولنمش فرض اولنان وزنی (و) و (ب ، ح ، ى) نقطه‌لرینه اجرا اولنان تضییقلر وَ ، و١ ، و٢ ایله ارائه اولندقده و = وَ + و١ + و٢ اولور .

و وزنی بری وَ دن عبارت اوله‌رق ب ودیكری هـ نقطه‌سنه تطبیق اولنمق اوزره ك قوتلرینه تحلیل اولنه‌بیلوب بوصورتده (§ ٩٢) $\frac{\text{وَ}}{\text{م هـ}} = \frac{\text{ك}}{\text{ب م}} = \frac{\text{و}}{\text{ب هـ}}$ اولمغله بورادن $\frac{\text{وَ}}{\text{و}} = \frac{\text{م هـ}}{\text{ب هـ}}$ اولور . لكن ح م ى ، ح ب ى مثلثلرینك ى ح قاعده‌لری مشترك اولدیغندن سطحلری ارتفاعلریله وبونلردخی م هـ و ب هـ

خطلريله متناسب بولنمله بوصورتده $\frac{\text{ج م د}}{\text{ج ب د}} = \frac{\text{م هـ}}{\text{ب هـ}} = \frac{\text{وَ}}{\text{و}}$ ياخود

$\frac{\text{وَ}}{\text{ج م د}} = \frac{\text{و}}{\text{ب ج د}}$ اولمش اولور عيني وجهله $\frac{\text{و}_1}{\text{و}} = \frac{\text{م ل}}{\text{ج ل}} = \frac{\text{ب م د}}{\text{ب ج د}}$

$\therefore \frac{\text{و}_1}{\text{ب م د}} = \frac{\text{و}}{\text{ب ج د}}$ وكذا $\frac{\text{و}_2}{\text{و}} = \frac{\text{م ب}}{\text{د ب}} = \frac{\text{ب م ج}}{\text{ب ج د}} \therefore \frac{\text{و}_2}{\text{ب م ج}}$

$= \frac{\text{و}}{\text{ب ج د}}$ اولوب بوسببدن $\frac{\text{وَ}}{\text{ج م د}} = \frac{\text{و}_1}{\text{ب م د}} = \frac{\text{و}_2}{\text{ب م ج}} = \frac{\text{و}}{\text{ب ج د}}$

اولوب مطلوب ثابت اولمش اولور .

۱٤۲ —. تنبيه . اكر م نقطه‌سی ب ج د مثلثنك مركز ثقلتندن عبارت ايسه ج م د ، ب م د ، ب م ج مثلثلری يكديكرينه معادل اولوب سبقت ايدن دستوردن نقاط ثلثه‌يه متساوياً ثقلت تحميل اولنديغی استنتاج اولنوركه طوغريدن طوغری‌يه دخی بروجه آتی اثبات اولنه‌بيلور .

(شكل ۹۰) و وزنی بری ب نقطه‌سنه تطبيق اولنمق اوزره

(شكل ۹۰)

وَ ديكری ج نقطه‌سنه تطبيق اولنمق اوزره لك قوتلرينه تحليل

اولندقده (§ ۹۲) $\frac{وَ}{ث م} = \frac{ك}{ب ث} = \frac{و}{ب م}$ ياخود $\frac{وَ}{۱} = \frac{ك}{۲} = \frac{و}{۳}$
اولمغله بوصورتده وَ لك (و) لك ثلثى اولديغى اكلا شيلور
لكن (⅔ و) دن عبارت اولان ك قوتى دخى ح و ى
نقطه‌لرينه تطبيق اولنمق وهربرى ⅓ دن عبارت بولنمق اوزره
ايكى مساوى قوته تحليل اولنه‌بيلديكندن بوتقديرجه وَ ، و۱ ، و۲
تضييقلرينك هربرى چلمك وزننك ثلثندن عبارت بولنمش
اولور .

۱٤۳ —. اكر اوچدن زياده نقطهٔ استناد موجود ايسه مسئله
غير معين قالمش اولور زيرا بوقوتى (§ ۱۰۰) كنديسنه موازى
ديكر درت قوته تحليل ايتمك نامتناهى طرزده اجرا اوله‌بيلور .
اشته بوجهتله برتره بزه‌نك درت اياغندن هربرينك دوشمه‌يه اجرا
ايتديكى تضييق معلوم اوله‌ميوب بوتضييق تره‌بزه‌نك ، دوشمه‌نك
.... الخ صلابت ومتانتنه تابع بولدور .



اوننجی باب

فصل دردنجی

آلات بسیطه‌نك موازنتی

اصطلاحات ... ۱۹۱

۱۴۴ —. ماکنه‌لر حرکتلرنده موانع ثابته ایله سربست بولنمیه‌رق قوتلرك اثرلرینك نقلنه مخصوص برجسم ویاخود برقاچ جسم هیئت مجموعه‌سندن عبارتدرلر اگر برماکنه یالکز برجسمدن عبارت ایسه بسیط تسمیه اولنور . مانعی برنقطهٔ ثابته برمحور ویا برمستوی اولان آلات بسیطه مانوله چیقریق ، سطح مائلدن عبارتدر .

مانوله نقطهٔ ثابته اطرافنده هرجهته دوران ایده‌بیلوب چیقریغك هربرنقطه‌سی دخی محوری اطرافنده برر محیط دائره ترسیم ایدر سطح مائل اوزرینه موضوع جسم دخی استناد ایتدیکی بوسطح امتدادنجه قایمغه مجبور اولور.

(§ ۱۳۱،۱۳۲،۱۳۳) ماده‌لرنده بیان اولنان موازنت عمومیه قواعدی بروجه آتی آلات بسیطه‌یه وبونلرك اشکال مختلفه‌سنه تطبیق اولنور .

§ ١ مانوله

١٤٥ —. مانوله — برنقطهٔ ثابته اطرافنده دوران ایده‌بیلان برجسم صلبدن عبارت اولوب تحویل حرکت جهتیله برحرکت مستدیرهٔ منفصله‌یی عینی برحرکته تحویل خصوصنده استعمال اولنور . علی العاده مانوله‌یه برچبوق شکلی ویریلوب نقطهٔ ثابته‌یه نقطهٔ استناد تسمیه اولنور مانوله ایکی قوتك تحت تأثیرنده بولندیغی زمان بونلردن برینه قوت دیکرینه مقاومت دینلوب نقطهٔ استناددن مانوله‌یه تطبیق اولنان قوتلرك استقامتلرینه تنزیل اولنان عمودلره دخی (مانوله قولی) تعبیر اولنور .

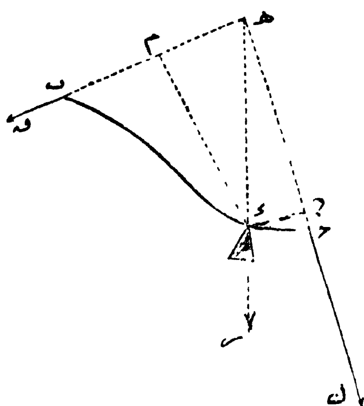
١٤٦ —. مانوله‌نك موازنتی — برمانوله ایکی قوتك تحت تأثیرنده موازنتده اولمق ایچون (١)° ایکی قوتله نقطهٔ استنادك برمستویده بولنمسی (٢)° بوقوتلرك مانوله‌یی عکسی جهتلره دوران ایتدیرمکه ساعی اولملری (٣)° قوتلردن هربرینك شدتی کندی مانوله قولیله معکوساً متناسب اولمسی اقتضا ایدر .

فی‌الحقیقه (شکل ٩١) : ب‌ح مانوله‌سنك ه و ك قوتلرینك تحت تأثیرنده موازنتده بولنمسیچون (§ ١٣١) بوقوتلرك ی نقطهٔ ثابته‌سندن مرور ایدن یالکز برحاصله‌لری اولمق وبوجهتله‌ده ه و ك قوتلری اشبو حاصله‌لریله (§ ١٢٩) عینی برمستویده بولنمق مقتضی اولمغله حاصله اوزرنده بولنان ی نقطهٔ ثابته‌سنك ه و ك قوتلریله برمستویده بولنمسی ایجاب ایدر .

(٢)° ه و ك قوتلرینك مانوله‌یی مخالف جهته دوران ایتدیرمکه

ساعی بولنملری ایجاب ایدر زیرا عکس حالده نقطهٔ ثابته قوتلرك زاویه‌سنده بولنمیه‌جغندن قوتلرك حاصله‌لری مانوله‌یی بونقطه اوزرینه استناد ایتدیره‌مز .

(شکل ٩١)



(٣)° د نقطه‌سی حاصله اوزرنده بولندیغندن (§ ٨٠) = ... اولوب دم و ده مانوله قوللری قه , كَ ایله اشعار اولندقده ... = ... یعنی قوتلرك شدتلری مانوله قوللریله معکوساً متناسب بولنور مساوات اخیره‌دن ... = ككَ اولدیغندن مانوله‌نك موازنتده بولنمسیچون (قوتلرك مانوله قوللرینه حاصل ضربلرینك بربرینه مساوی لازمکلور) دخی دینله بیلور .

١٤٧ —• تنبیه — مانوله‌نك موازنتی بروجه آتی اجمالاً افاده اولنه‌بیلور — مانوله‌نك موازنتی ایچون نقطهٔ ثابته‌یه نسبتله

قوت ومقاومتك آنلری مجموع جبریسنك صفره مساوی اولمسی لازمدر .

اکرمانوله نقطهٔ استنادی اوزرنده قایه بیلور ایسه حاصله‌نك استناد سطحنه عمود دخی بولنمسی اقتضا ایدر .

١٤٨ —. نقطهٔ استناده اولان تضییق — ه و ك قوتلرینك حاصله‌سنده عبارت اولوب مقداری دخی (§ ٧٤) ر٢ = ه٢ + ك٢ + ٢ ه ك جتب (ه ، ك) ایله افاده اولنور . بوتضییق قوتلرك بینده‌کی زاویه ایله تحول ایدوب زاویه صفر اولدیغی زمان اعظمی اولور . بوحالده قوتلر یکدیکرینه موازی اولوب (§ ٩١) ر = ه + ك اولور . اکر زاویه (١٨٠)° ایسه (§ ٩٣) ر = ه — ك یعنی قوتلر موازی وجهتلری مخالف اولوب حاصله‌لری اصغری اولور .

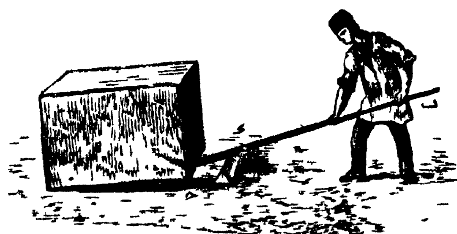
مانوله‌نك وزنی داخل حساب ایتمك ایچون بووزن چبوغك مرکز ثقلتنه تطبیق اولنمش شاقولی برقوت کبی ملاحظه اولنوب موازنت شرائطی دخی (§ ١٣١) ده بیان اولندیغی کبی استحصال اولنور .

١٤٩ —. مانوله‌نك انواعی —. نقطهٔ استناد ایله قوت ومقاومتك وضعیتلرینه کوره مانوله‌نك اوچ نوعی تفریق اولنور . (١)° نوع —. نقطهٔ استناد قوت ایله مقاومت اره‌سنده بولنور .

(شکل ٩٢) ده ح یوکنی قالدیرمق ایچون استعمال اولنان ب‌د مانوله‌سی وکذا ترازو برنجی نوعدن اولوب کذلك مقاص،

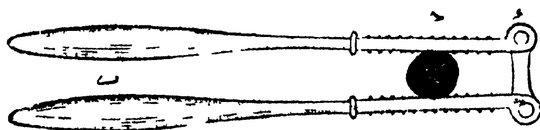
کرپتن ، قیصقاج دخی چفت اولەرق قوللانیلان برنجی نوع مانولەدندرلر .

(شکل ٩٢)



(٢)° نوع —• مقاومت نقطهٔ استناد ایله قوت آرەسندەبولنور . ال عربەسی، براوجندن قالدیریلان برکیریش وقایغی حرکت ایتدیرن کورك بونوع مانولەلردن عبارت اولوب (شکل ٩٣)فندق قیرمغه مخصوص آلت دخی برچفت ایکنجی نوع مانولەسندندر

(شکل ٩٣)

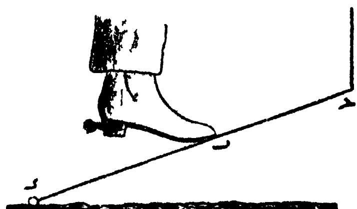


علی العاده ایکنجی نوعده قوتك مانوله قولی مقاومتك مانوله قولندن دها بیوك اولوب بوجهتله بونوع مانولەلر قوت ایچون مساعد بولنورلر .

(٣)° نوع —• قوت نقطهٔ استناد ایله مقاومت آرەسنده بولنور.

(شكل ٩٤) پيانو وسائره‌نك اياق باصه‌جق يری وكذا ماشه
چفت اوله‌رق اوچنجی نوع مانوله‌سندندر اوچنجی نوع

(شكل ٩٤)



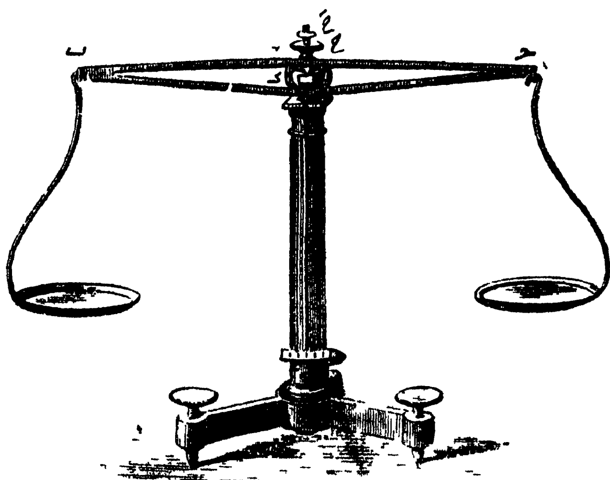
وله‌لرنده مقاومتك مانوله قولی على العاده قوتك مانوله قولندن
ما بيوك اولوب بوجهتله بونوعدن مانوله‌لر قوته غير مساعد
لنورلر ايسه‌ده سرعت ايچون فائده‌لی اولورلر .

— ترازو —

—٠ ترازولر جسملرك وزننی تعيينه مخصوص آلتلردر .
رازولر — برنجی نوعدن قوللری مساوی برمانوله اولوب
كل ٩٥) ده و ويرلمش چليكدن كسكين بريوز ايله ينه
چليكدن وياخود عقيقدن يصدق تسميه اولنان ايكی
مستوی اوزرينه موضوع ب ح مانوله‌سنه (ترازو قولی) دينلور
كفه‌لر كسكين كنارلی چليك چنكللر واسطه‌سيله تعليق اولنوب
اوچ ب ، ح ، د كسكين كنارلر ترازو قولنك محوری تسميه
اولنان برخط مستقيم اوزرنده بولنور ترازو قولی نهايتی تقسيماتلی

برقوس اوزرنده حركت ايدن اوزون برابره‌يي حامل اولوب بوابره صفرى كوستردیكى زمان قول دخى افقى بولنور . اوچ تصحيح ويده‌سى ترازو ستوننى شاقولى قيلمق ايچون استعمال

(شكل ٩٥)



اولنورلر . بعض كره ترازو قولنك وسط وفوقنده زياده اينجه ديشلى برچبوق وبونك اوزرنده ايكى ديشلى ح ، حَ دوكمه‌لرى بولنه‌رق ترازو قولنك مركز ثقلتنى ترفيع ياخود تنزيل وبو وجهله آتيده كوريله‌جكى اوزره ترازونك حس وصحتنى تحويل ايتمك ممكن اولور .

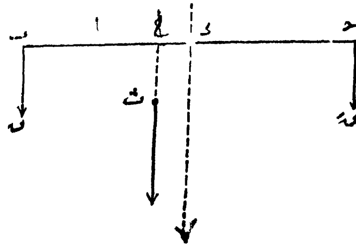
١٥١ — برترازو صحيح وحسلى اولمليدر ، كفه‌لر اوزرينه مساوى وزنلر قونلديغى زمان قول افقى بولنور ايسه ترازو صحيحدر . كفه‌لره قونيلان وزنلردن بريسى ديكرندن پك آز

فرقلی اولدیغی زمان بو اصغر تفاوتك تحت تأثیرنده حس اولنه جق
درجه ده او طرفه تمایل ایدر ایسه ترازو حسلیدر .

١٢٥ —• برترازونك صحیح اولمسی شرائطی . برترازو صحیح
اولمق ایچون (١)° مانوله قوللری بربرینه مساوی اوللیدر
(٢)° مرکز ثقلتدن کچان شاقول ترازو قولی افقی اولدیغی زمان
نقطهٔ استناددن مرور ایتملیدر .

(شکل ٩٦) افقی وموازنتده بولنان ترازو قولنك محوری ب ح
مرکز ثقلتی ث وزنی ی و (ء) نقطهٔ استنادیله ث مرکز ثقلتندن

(شکل ٩٦)



مرور ایدن خط شاقول بیننده کی مسافه (ى) ب ء و ء ح
مانوله قوللری ل و لَ کفه لره قونیلان مساوی وزنلر و ایله
اشعار اولندقده : ترازو قولی موازنتده بولندیغندن قوهٔ حاصله
(§ ١٣١) ء نقطهٔ ثابته سندن مرور ایدر . اکر ء نقطه سنه
نسبتله آنلر احد اولنور ایسه حاصله نك آنی دیکر ایکی قوتك
آنلریله مخالف اشارتده بولنمغله بو حالده (§ ١٠١) معادله سی

و ل + ى د — و لَ = ٠ ياخود و (ل — لَ) + ى د = ٠ (١)
شكلنى اخذ ايدر . كفه‌لره قونيلان و وزنلرى هرنه اولور ايسه اولسون بومعادله واقع اولمق لازمكلديكندن معادله‌نك و وزننه غير تابع اولمسى وبوجهتله (و) لك امثالنك صفر اولمسى اقتضا ايتمكله ل — لَ = ٠ .: ل = لَ يعنى مانوله قوللرينك بربرينه مساوى اولمسى مقتضى بولنور (١) معادله‌سنك برنجى حدى صفر اولديغنك ى د = ٠ اولوب ترازو قولنك ى وزنى ايسه صفر اولميه‌جغندن اشبو حد ثانينك دخى صفر اولمسى ايچون د = ٠ اولمسى يعنى مركزثقلت شاقولنك نقطهٔ استناددن مرورى لازمكلوب مطلوب ثابت اولور .

١٥٣ —٠ برترازونك صحتنك تحقيقى —٠ كفه‌لر بوش اولديغى زمان اكر ترازو قولى افقى ايسه مركز ثقلتك شاقولى نقطهٔ استناددن مرور ايتديكى اكلاشيلور .

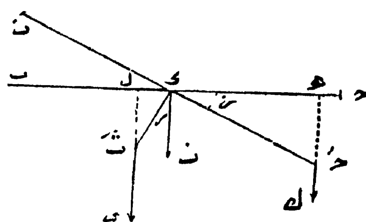
بعده كفه‌لره يكديكريله موازنت حاصل ايدن ايكى جسم قونلدقدنصكره بوجسملرك كفه‌لرده‌كى يرلرى دكيشديرلديكى زمان موازنت حالا دوام ايدر ايسه مانوله قوللرينك بربرينه مساوى وترازونك صحيح اولديغى معلوم اولور . فى‌الحقيقه : موازنت احداث ايدن جسملر و ، وَ اولسه بونلر ل ، لَ مانوله قوللرينك نهايتندن تأثير ايتدكلرى زمان (§ ١٤٦) و ل = وَ لَ اولوب كفه‌لردن جسملر دكيشديرلديكى زمان ينه موازنت وار ايسه وَ ل = و لَ اولمغله بوايكى مساوات

طرف طرفه ضرب اولنـدقده ه کَ لَ٢ = ه کَ کَ٢ ∴ ل = لَ
اولمش اولور .

تنبـیه —• بوندنبشـقه اکر ل = لَ ایسه برنجی معادله‌دن ه = کَ اولدیغی کورلمکله جسملر کفه‌لرده دکشدیرلدیکی زمان ینه موازنت موجود ایسه مانوله قوللری‌کبی بوجسملرك وزنلری دخی بربرینك عینی اولملق لازمکلدیکی تبین ایدر . —

١٥٤ —• بر ترازونك حسـلی اولمسی شرائطی —• بونك ایچون (١)° ترازو قولی ممکن اولدیغی درجه‌ده اوزون وخفیف (٢)° مرکز ثقلت نقطهٔ استناده پك قریب بولنمق ایجـاب ایدر . فی‌الحقیقه : (شکل ٩٧) ترازو قولنك محوری ب ح مرکز ثقلتی ث نقطهٔ اسـتنادی ی مساوی ب ی و ح ی قوللرینـك طولی

(شکل ٩٧)



(ل) ی ث بعدی ی ترازو قولنك وزنی ی ایله اشعار اولندقده : اکر ح نهایتنه غایت اصغربرك وزنی‌علاوه اولنور ایسه قول یکی بَ حَ وضعیتنی اخذ ایدوب ایکی وضعیت بیننده حادث اولان

ب زاویه‌سی نقدر بیوك اولور ایسه ترازو اولقدر حسلی اولور . د نقطه‌سنه نسبتله آنلر اخذ اولندقده (§ ١٠١) ی × دل — ك × ده = ٠ یاخود ی × دل = ك × ده اولور لکن دل ث و ده ح مثلث قائم الزاویه لرندن دل = د ث × حس ب = د حب ب و ده = دح × حس ب = ل حب ب اولمغله بو صورتده ی د حس ب = ك ل حس ب .: مماس ب = ك ل / ی ء اولور . ب زاویه‌سی ٠ ْ دن کوچك اولدیغندن مماسیله تزاید ایدوب (ل) مك بیوك و (ی و د) ك کوچك بولنمسی نسبتنده بوزاویه اعظم اولور . بوصورتده برترازونك قولی زیاده اوزون وخفیف ومرکز ثقلتی نقطهٔ استناده قریب بولنمسی نسبتنده ترازو حسلی بولنمش اولور .

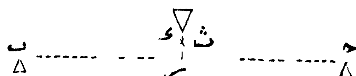
آشکاردکه برترازونك پك حسلی اولمسی ایچون بوندنبشقه کسکین پارچه‌لرك یاصدقلره اولان دلکی ممکن اولدیغی قدر آز اولمق لازمکلوب بونك ایچوندخی تماس ایدن جسملر غایت سرت اولمق ومذکور پارچه‌لرك کسکین کنارلری کورلنوب بوزلمامق ایجاب ایدر .

١٥٥ — تنبیه — اکر ترازو قولنك مرکز ثقلتی بالتمام نقطهٔ تعلیقده ایسه کافهٔ وضعیتده مساوی وزنلرك تحت تأثیرنده قول موازنتده قالوب وزنلر بیننده غایت اصغر برتفاوت ایسه آنلك بردنبره دونمسنی موجب اوله‌رق ترازونك موازنتی دائمه اولور . اکر نقطهٔ استنادك فوقنده ایسه (§ ١٣٦) ترازویی موازنت حالنه وضع ایتمك ممکن اوله‌میوب موازنتی غیر مقرره اولور وبالعکس تحتنده ونقطهٔ استناددن بعید بولنور ایسه آز حسلی اولوب آغر ترازو تسمیه اولنور . ترازو اعلا اولمق ایچون (قولك مرکز ثقلتی نقطهٔ استنادك تحتنده وآز برمسافه‌ده) بولنمق ایجاب ایدر .

١٥٦ ـــ . وزن نه اولور ایسه اولسون ترازونك حسلی اولمسی ثابت قالمق ایچون کفه‌لرك تعلیق نقطه‌لریله قولك استناد نقطه‌سنك برخط مستقیم اوزرنده بولنمسی اقتضا ایدر .

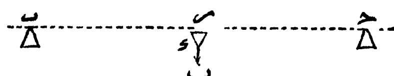
فی‌الحقیقه (شکل ٩٨) اکر کفه‌لرك نقطهٔ تعلیقلرینی وصل ایدن ب ح خطی ى نقطه‌سنك تحتندن مرور ایدر ایسه کفه‌لرك حامل اولدقلری مساوی وزنلر ر نقطه‌سنه تطبیق اولنان بر حاصله اعطا ایدوب بوقوت ث نقطه‌سنه تطبیقی اولنان قولك وزنیله ترکیب اولندقده ترازو قولی و کفه‌لر

(شکل ٩٨)



و وزنلرك هیئت مجموعه‌سنك مرکز ثقلتنه تطبیق اولنان برحاصلهٔ عمومیه بولنور (§ ٩١) وزنلرك چوق اولمسی نسبتنده اشبو نهایتکی مرکزثقلتی نقطه‌سی ر یه تقرب وبوجهتله ى دن تباعد ایتمکله بوجهتله وزنلر تزاید ایتدیکی زمان (§ ١٤٥) تراوزونك درجهٔ حسی تناقص ایده‌جکی ظاهر اولور . (شکل ٩٩) اکر ب ح خطی ى لك فوقنده ایسه ر وزنلر مجموعی تزاید ایتدکجه مرکز ثقلت ترفع ایدوب مرکزثقلت ى نقطه‌سنه تقرب

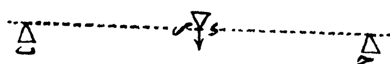
(شکل ٩٩)



ایتدکجه درجهٔ حسی تزاید ایدر لکن بونقطه‌یی تجاوز ایدرایسه (§ ١٥٥) ترازونك موازنتی غیر مقرره اولمش اولور .

(شکل ١٠٠) اکر ب ح خطی د دن مرور ایدر ایسه م قوتی د نقطه‌سنه تطبیق اولندیغندن بونقطه‌نك مقاومتیله امحا اولنور بوجهتله مرکز ثقلت دائما نقطهٔ استناددن عینی مسافه‌ده قالوب ترازونك حسی دخی ثابت قالور . ترازولرك جمله‌سنده وزن ایچون تجاوز ایدلمامك لازمکلان

(شکل ١٠٠)



برحد اولوب عکسی تقدیرده ترازو قولی بوکیله‌جکندن اوچ نقطهٔ استنادلر برخط مستقیم اوزرندن آیریله‌رق حسی تناقص وبوندنبشقه خطالی اوله‌بیلور .

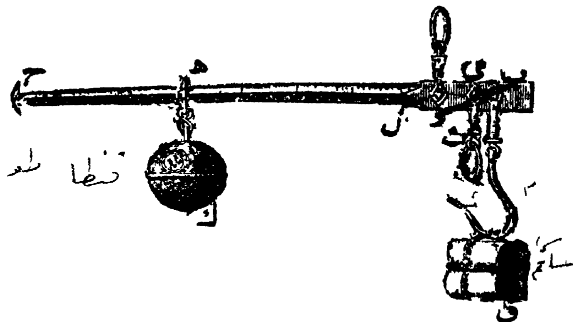
١٥٧ —. وزن مضاعف یاخود بوردانك اصولی . صحیح اولمیان برترازو اعانه‌سیله دخی بوردانك تصور ایتدیکی اصول ایله برجسمك وزن صحیحی بولنه‌بیلور .— بونك ایچون کفه‌لردن برینه وزن اولنه‌جق ودیکرینه قولك ابره‌سی شاقولی اولنجه‌یه دکین‌قوم وسائره وضع اولنور بعده جسم وضع اولندیغی کفه‌دن آلنه‌رق تکرار .موازنت تأسس ایدنجه‌یه دکین درهملر قونلدقده (§ ١٥٢) کی ایکی شرطدن هیچ بری دخی موجود اولمدیغی حالده بودرهملر جسمك وزن صحیحنی اعطا ایدرلر . زیرا جسمك وزنیله درهملر متعاقباً عینی مانوله قولنك نهایتندن تأثیر ایدرك عینی طاره ایله موازنت احداث ایدرلر .

اشبو اصول صحتله وزن اولنمق اقتضا ایتدیکی زمان اجرا اولنور زیرا هیچ برترازو قطعیاً صحیح دکلدر باخصوص اعمال

ایدنلر دائما ترازولرینی زیاده حسلی قیلمغه اعتنا ایله اکتفا ایدرلر .

١٥٨ —. قنطار — قوللری غیر مساوی برنجی نوعدن برمانوله‌در . (شکل ١٠١) وزن اولنه‌جق جسملر ب ر ب چنکلنه تعلیق اولنور ء حلقه‌سی واسطه‌سیله قنطار طوتیلور

(شکل ١٠١)



مانوله‌نك تقسیماتلی بیوك قولی اوزرنده حرکت ایدن بر ك ثقلتی ه وزنیله موازنت حاصل ایدرك بووزنی اعطا ایدر .

١٥٩ —. قنطارك درجه‌لنمسی . اول امرده مانوله افقی اولدیغی زمان ثقلتنك قنغی نقطه‌یه کله‌جکی تحری اولنور . بونقطه ل والتك وزنی ی و ء نقطهٔ تطبیقنك آلتك ث مرکز ثقلتنه اولان بعدی ء اولسه (§ ١٠١) آنلرك دعواسنه تطبیقاً ی ء ــ ك ٠ ءل = ٠(١) اولور . چنکله ه ثقلتی تعلیق اولندیغی

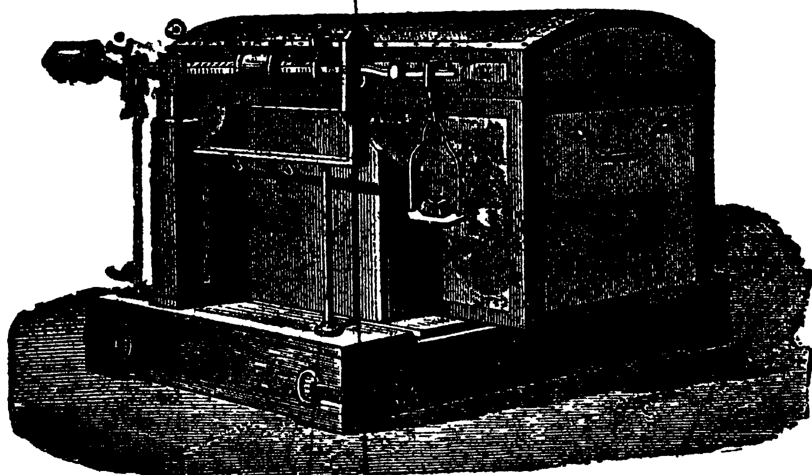
زمان موازنتك تحصيلی ايچون ك ثقلتنی بر ه نقطه‌سنه نقل ایتمك ايجاب ايدوب د ب مسافه‌سی ف ايله اشعار اولندقده ی د + ن ٠ ف — ك × د ه = ٠ اولوب د ه يرينه د ل + ل ه وضع اولنه‌رق ی د + ن ف — ك × د ل — ك × ل ه = ٠ (٢) اولور . ی د — ك ٠ د ل يرينه (١) معادله‌سنه نظراً قيمتی وضع اولندقده (٢) معادله‌سی ن ف = ك ٠ ل ه ∴ ل ه = ن ف/ك يعنی ل ه مسافه‌سی جسمك وزنيله متناسب اولور . بو صورتده قنطاری درجه‌لمك ايچون اول امرده تعيين اولنان ل نقطه‌سنه صفر وضع اولنوب بعده چنكله ١٠ كيلوغرام برثقلت معلومه تعليق ايديله‌رك موازنتك حصولی ايچون ك ثقلتنك كله‌جكی ه نقطه‌سنه (١٠) رقمی اشارت ايديلور بوندنصكره ه ل فاصله‌سی ١٠ قسمه تقسيم و (ح) مه قدر بووجهله درجه‌لمكه دوام اولنور .

علی العاده قنطار ايكی حلقه ايله تجهيز اولنوب د حلقه‌سی زياده ثقيل جسملرك وزنی ايچون استعمال اولنه‌رق بوجهتله بيوك مانوله قولی ايكی نوع تقسيماتی محتوی بولنور آز ثقلتده وزنك تعيينی ايچون اشبو آلت غايت مناسبدر .

١٦٠ — عادی باسكول — آغر يوكلری وزن ايتمك تجارتده كثيرالاستعمالدر (شكل ١٠٢) وزن اولنه‌جق جسم بر ب ح دوشمه‌سی اوزرينه وضع اولنوب بودوشمه ايكی فَ ، ف نقطه‌لرنده ل ف = ٥ ل ث اولمق اوزره ايكنجی نوعدن ضعف ل ف ث مانوله‌سی اوزرينه استناد ايدر .

ه هَ عرضانی كيريشی اعانه‌سيله ح ح قولی اوزرنده ل نقطه‌سنه

(شكل ١٠٢)

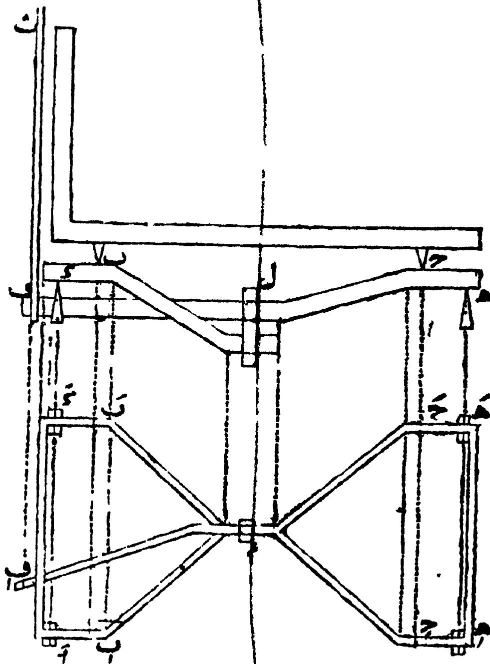


استناد ايدن برچبوغك نهايتنده كفه‌نك براوچنجي ه نقطهٔ استنادی‌دها موجوداولوب‌دیكر ث نقطه‌سنی ح نقطه‌سنه‌وصل‌ايدر.
ح ۵ قولی اوزرنده ۵ ء = ١٠ ء ل و ء ح = ٥ ء ل اخذ اولنمشدر دوشمه اوزرينه قونيلان جسمك وزنی ايكی قسمه تفريق اولنوب بری (ه) ديكری (ف) نقطه‌لرنده اجرای تضييق‌ايدر ه ياخود ل نقطه‌سنه تأثير ايدن قسم ۵ نقطه‌سنده ١٠ دفعه اصغر برقوتله موازنت احداث ايدر .
عينی و جهله ف نقطه‌سنه تأثير ايدن قسم ث ياخود ح نقطه‌سنده ٥ دفعه اصغر برقوتله موازنت حاصل ايدوب ح ء = ½ ء ۵ اولديغندن موازنت احداثی ايچون ۵ نقطه‌سنه (ح) ده‌كی قوتك نصفی ياخود (ف) ده‌كی قوتك اونده برينی تأثير ايتديرمك كفايت ايدر . بوصورتده جسمك وزنی ر ص

كفه‌سنه قونيلان اون دفعه كوچك بروزن ايله موازنت حاصل ايتمش اولور وزن اولنه‌جق جسم آغر اولديغى زمان عربه‌لرى وزن ايچون قوللانيلان باسكولده اولديغى كبى مانوله‌لر وزنلر بيننده‌كى نسبت $\frac{1}{100}$ اوله‌جق وجهله ترتيب اولنورلر .

١٦١ — قنطارلى باسكول . موسيو برانژه عادى باسكولى بروجه آتى تعديله موفق اولمشدر (شكل ١٠٣) اولا قول

(شكل ١٠٣)

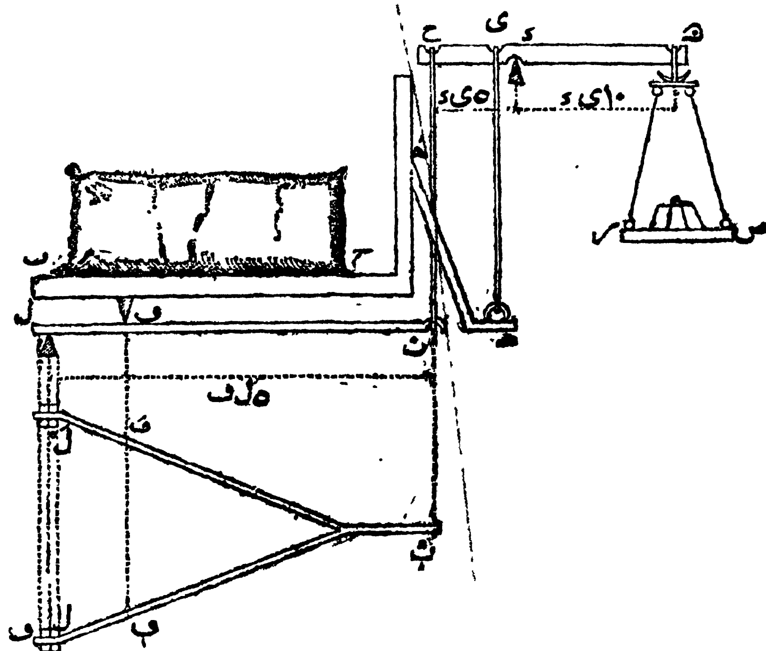


دوشمه‌نك عرضنه موازاتاً ترتيب اولنديغندن قنطارلر آز بر طوتمش اولور . قول عادى قنطارده اولديغى كبى درجه‌لنه‌رك

بونك اوزرنده حركت ايدن بر ك ثقلتی اعانه سيله ۱۰۰ كيلوغرامك مادوننده اولان وزنلر استحصال اولنور بونلر ايچون كوچك م كفه سنه درهملر وضع ايتمكه لزوم اوليوب يوزدن زياده كيلو غرامك تقديری ايچون كفه يه درهملر وضع اولنور .

(شكل ۱۰٤) دوشمه درت (ب، پ، ح، چ) نقطه لريله

(شكل ۱۰٤)



ايكنجی نوعدن ی هـ، ل ی مانوله لری اوزرينه استناد ايدر ب هـ = ۱۰ ح هـ و ی ل = ٥ ی ب و ی هـ = ۲ ل هـ اوله رق اخذ اولنديغندن دوشمه اوزرينه قونيلان يوك ب و ح نقطه لرينه

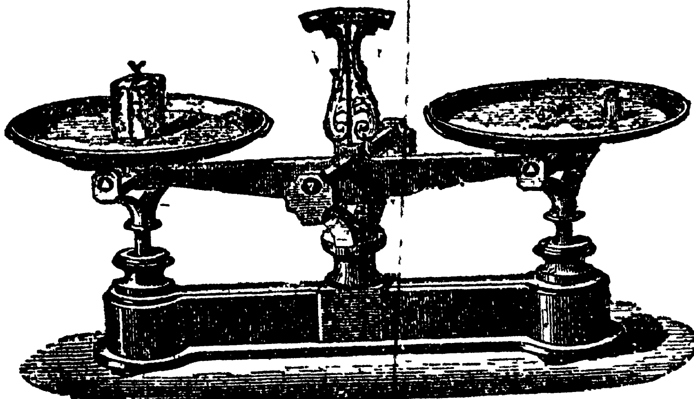
تأثیر ایدوب ى نقطه‌سنده ونده بری قدر بر قوتله موازنت حاصل ایدر .

ایمدی (شکل ١٠٣) ى ث چبوغی ث نقطه‌سنده قنطارك قیصه قوللنه استناد ایدوب ث ه = ١/١٠ ه ح اولدیغندن م کفه‌سنه وضع اولنان بر کیلوغرام ثقلت باسکوللك دوشمه‌سی اوزرینه قونیلان ١٠٠ کیلو غرام یوك ایله موازنت احداث ایدر .

١٦٢ — روبروالك ترازوسی — کفه‌لری فوقانی اولان روبروالك ترازوسی تجارتده استعماله پك الویریشلیدر .

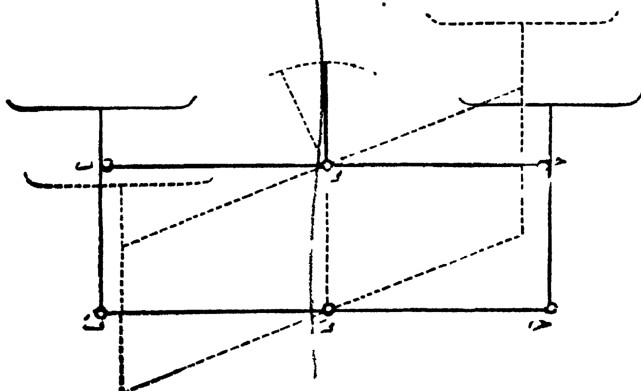
(شکل ١٠٥ و ١٠٦) اشبو نوع ترازو کفه‌لری حامل ب بَ و ح حَ شاقولی چبوقلره مفصلی اوله‌رق مربوط و ء ، ءَ نقطهٔ ثابته‌لری اطرافنده متحرك ایکی ب ح ، بَ حَ ترازو قبوللرندن ترکب ایدر هربرقوللك مرکز ثقلی نقطهٔ استنادك شاقولی اوزرنده وبرمقدار تحتنده بولنوب بوده ترازویی غایت متحرك قیلار .

(شکل ١٠٥)



اشبو ترتیبه نظراً ترازو قوللری حرکت ایتدکلری زمان ب بَ ، ح حَ چبوقلری شاقولی و د دَ دن مساوی مسافه‌لرده واقع اوله‌جقلرندن بوصورتده وزنلر دائما قوللری بربرینه مساوی اولان مانوله‌لرك نهایتلرندن اجرای تأثیر ایدرلر .

(شکل ١٠٦)

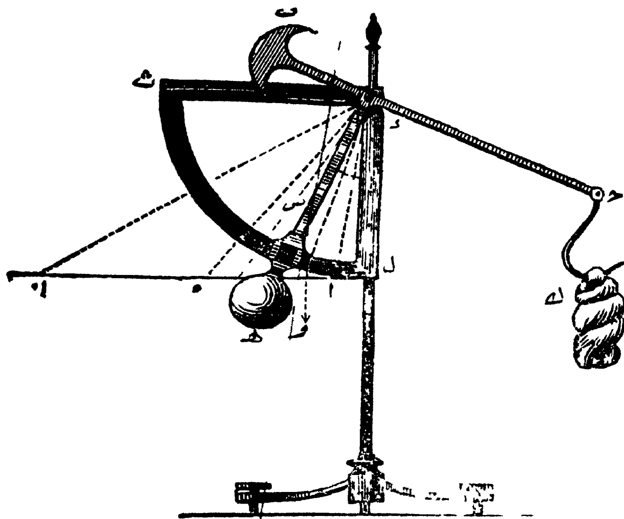


١٦٣ —. پوزون —. اشکال مختلفه‌ده اعمال اولنوب ایسلیك فابریقه‌لرنده کثیر الاستعمالدر . اساساً (شکل ١٠٧) زاویهٔ قائمه تشکیل ایدن دیرسکلی ح د هـ مانوله‌سندن مرکب اولوب بر ب مخالف ثقلتی چنکل بوش اولدیغی زمان ب ح قولنی افقی قیلار . بر ث ل قوسی دخی آلتك اعطا ایده‌جکی اشماراتی مبین تقسیماتی محتویدر .

موازنت شرطنی بولمق ایچون چنکله تعلیق اولنان جسمك وزنی ك و ص نقطه‌سنه تطبیق اولنان د هـ قولنك وزنی (و) و ح د طولی ل ، د ص طولی (م) وانحراف زاویه‌سنی ب ایله ارائه ایده‌لم : د ح و د ب وزنلرینك حاصله‌سی دائما د نقطهٔ استنادندن مرور ایتدیکندن (§ ١٠١) بووزنلر داخل حساب ایدلمامشدر (و ، ك) ك (د) نقطه‌سنه نسبتله آنلری اخذ اولندقده ك ل جب ب = و م جب ب بوسببدن ك = و . م جب ب / ل جب ب = و . م / ل مماس ب اولور . بوصورتده ك وزنی انحراف زاویه‌سنك مماسیله متناسب اولمغله آلتك درجه‌لنمسی بالسهوله اجرا اولنه‌بیلور

چنكله واحد قياسى اعتبار اولنان وزن تعليق اولنوب ل نقطه‌سندن رسم اولنان خط مماس اوزرنده د ه نك توقف ايده‌جكى نقطه اشارت وبوبعد خط مماس اوزرنده متعدد دفعه قطع اولندقدنصكره حاصل اولان نقطه‌لر مركزه وصل اولنه‌رق قوسك تقسيمات نقطه‌لرى بولنور .

(شكل ١٠٧)



مماس ب نامتناهى‌يه قدر تزايد ايده‌بيله‌جكندن آلت واسطه‌سيله استنلديكى قدر ثقيل جسملرك وزنلرى تعيين اولنه‌بيلور ايسه‌ده لكن قوسك تقسيماتى كيتدكجه يكديكرينه تقرب ايده‌جكندن ب زاويه‌سى ٥٠ درجه‌يى تجاوز ايتديكى حالده بوزونك اشعاراتى مشكوك وغير صحيح اولور .

§ ٢ مقره وچيقريق .

١٦٤ —. مقره محورى اطرافنده متحرك كوچك بردائره‌دن

عبارت اولوب ایپ ویازنجیر واسطه‌سیله حرکت ایده‌جکی زمان محیطنه بوغاز تعبیر اولنان (شکل ١٠٨) اویوق اعمال اولنور .

(شکل ١٠٨)



مقره‌یی تعلیقه مخصوص بر ل چنکلنی حاوی ب باشلغی ء ھ محورینك ایکی نهایتلرینی حامل اولور . مقره بو محور اطرافنده سربستجه دوران ایده‌بیلوب بوصورتده محور باشلغه ثابت قلنمش اولور بعض دفعه دخی محور مقره ایله یکوجود اولوب محورك مویلو تسمیه اولنان ء و ھ نهایتلری باشلغه آچیلان ثقبه درونده حرکت ایدرلر .

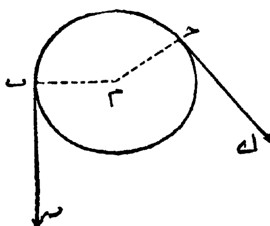
مقره‌نك حرکتی اثناسنده محوری ثابت ویا متحرك اولدیغنه نظراً مقره‌نك ثابت ومتحرك ایکی نوعی تفریق اولنور .

ثابت مقره

١٦٥ —. موازنت شرطی —. بر ثابت مقره قوت ایله مقاومت مساوی اولدیغی حالده موازنتده بولنور .

فی‌الحقیقه (شکل ١٠٩) موازنت حصولی ایچون حاصله‌نك (§ ١٠١) م نقطهٔ ثابته‌سندن مرور ایتمسی لازمکلوب م‌ب و م‌ح عمودلری یعنی مانوله قوللری بربرینه مساوی اولدیغندن (§ ٨٠)

(شکل ١٠٩)



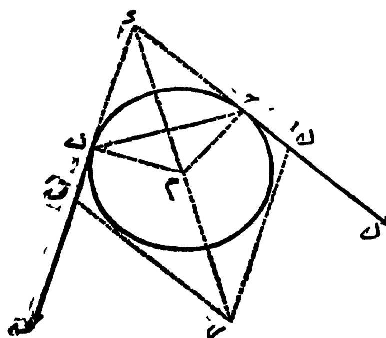
ه و ك قوتلری دخی بربرینه مساوی‌اولمق اقتضا ایدر بوصورتده ثابت مقره یالکز قوتك استقامتنی تبدیل ایده‌بیلوب بوجهتله تحویل مقره‌سی دخی دینلور .

١٦٦ —• محوره اولان تضییق —• ثابت مقره‌ده محوره وقع اولان تضییقك مقاومته نسبتی ایپك احاطه ایتدیکی قوسك وترینك نصف قطره نسبتی کبیدر .

(شکل ١١٠) ه و ك قوتلرینك نقطهٔ تطبیقلرینی ى نقطهٔ تلاقیسنه نقل ایده‌لم ى‌ه ، ى‌ك بوقوتلرك شدتلرندن عبارت اولسه بوقوتلر اوزرینه رسم اولنان متوازی الاضلاع برمعین اولوب بونك ى‌ر قطری دخی حاصله یعنی محوره تضییقی اشعار ایدر م نقطه‌سی ب ، ح تماس نقطه‌لرینه وصل و ب ح وتری ترسیم اولندقده ضلعلری نظیر نظیره عمود اولان ب م ح

و ى كه ر مثلثلرينك مشابهتندن $\frac{\text{ى ر}}{\text{ى كه}}=\frac{\text{ب ح}}{\text{ب م}}\therefore\frac{\text{ر}}{\text{ه}}=\frac{\text{ب ح}}{\text{ر}_{١}}$ اولمش اولور اكر ايپلر موازى ايسه‌لر ب ح = ٢ ر$_{١}$ وبوسببله ر = ٢ ه اولوركه بووضعيتده محـوره اولان تضييق اعظمى بولنور .

(شكل ١١٠)



ايپلر بينـنده‌كى زاويه جنسـندن ر نك ديكر برافاده‌سى دها بولنه‌بيلور (§ ٤٧) $\text{ر}^{٢}=\text{ه}^{٢}+\text{ه}_{١}^{٢}+٢\text{ه}\,\text{ه}_{١}$ تجب ب دستورى $\text{ر}^{٢}=٢\text{ه}^{٢}+٢\text{ه}^{٢}$ تجب ب $=٢\text{ه}^{٢}(١+$ تجب ب$)=٤\text{ه}^{٢}$ تجب^{٢} $\frac{\text{ب}}{٢}$ شكلنى اخذ ايدوب بورادن ر = ٢ ه تجب $\frac{\text{ب}}{٢}$ اولور اكر ايپلر موازى ايسه ب = ٠ وبوجهتله ر = ٢ ه اولور .

متحرك مقره

---

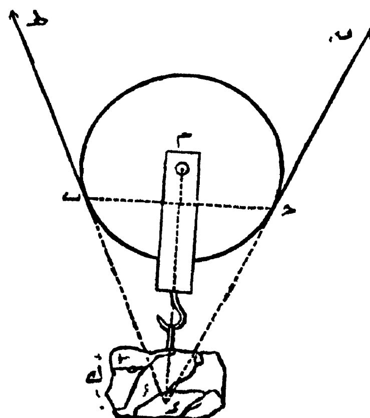
١٦٧ —. متحرك مقره بوغازك برقسمنى احاطه ايدن ايپ

اوزرینه موضوع اولوب بوایپك نهایتلرندن بری برنقطهٔ ثابته‌یه ربط اولندیغی کبی دیکر نهایتنه دخی قوت تأثیر ایدر . مقره‌نك باشلغی دخی برچنکله منتهی اولوب علی‌العاده ترفیع اولنه‌جق برجسمدن عبارت اولان مقاومت تطبق اولنور .

١٦٨ —• موازنت شرائطی —• مقاومت شاقولی فرض اولنه‌رق برمتحرك مقره‌نك موازنتی ایچون (١)° ایپك احاطه ایلدیکی قوسك وتری افقی بولنمق (٢)° قوتك مقاومته نسبتی نصف قطرك وتره نسبتی کبی اولمق ایجاب ایدر .

فی‌الحقیقه : (شکل ١١١) موازنت حاصل اولدیغی زمان ب هـ و حو ایپلرینك کرلمه‌لرینك حاصله‌سی ك وزننه مساوی ومقابل بولنوب بوحاصله ب هـ و حو استقامتلرینك ء تلاقی نقطه‌لرندن مرور ایده‌جکی کبی (§ ١٣١) م محورندن دخی

(شکل ١١١)



مرور ایدر . بوجهتله ایپلر تشکیل ایتدکلری زاویه‌نك خط ناصفی اولان م د استقامتنه منطبق اولمغله (§ ٨٠) ایپلرك کرلمه‌لری یکدیکرینه مساوی اولدیغی تبین ایدر . د ب، د ح مساوی طولده خط مماسلر اولدیغندن ب ح مماس وتری د م خطنه عمود وبوجهتله افقی بولنمق لازمکلور بوندنبشقه (§ ١٦٦) ده اولدیغی کبی ق/ك = ١/ب ح بولنوب مطلوب ثابت اولور .

اکر ك مقاومتی شاقولی دکل ایسه ملاحظات سابقه‌دن ایکنجی موازنت شرطنك ینه باقی قالوب یالکز مماس وتری دائما حاصله‌یه عمود اولمق لازمکلدیکندن افقی اولمیه‌جغی نمایان اولور .

١٦٩ —. ه قوتی ك وایپلرك اره‌لرنده‌کی ب زاویه‌سی جنسندن حساب اولنه‌بیلور ك وزنی ایکی مساوی ه قوتنك حاصله‌سنه مساوی اولوب بوجهتله (§ ٧٤) ر٢ = ق٢ + ق١ + ٢ ه ق١ تجب ب دستوری ك٢ = ٢ ق٢ + ٢ ق٢ تجب شکلنی اخذ ایدوب بوسببله ك = ٢ ه تجب ب/٢ ∴ ه = ك / ٢ تجب ب/٢ اولمش اولور .

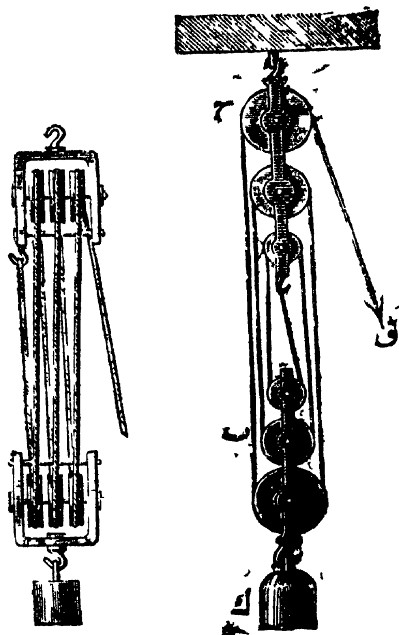
تنبیه —. ایپلر موازی اولدیغی زمان ب = ٠ وتجب ب/٢ = ١ و ه = ك/٢ اولوب قوت حاصله‌نك نصفی اوله‌رق قوت ایچون اك مساعد حال اولور .

پالانغه‌لر

١٧٠ —. پالانغه‌لر ایکی طاقم عینی برباشلقده متعدد مقره‌لرك

ترکبندن عبارت اولوب (شکل ١١٢) ده اولدیغی کبی مقره‌لر غیر مساوی وهر برینك محوری آیری اولور. ویاخود (شکل ١١٣) بر برینه مساوی وعینی محوره طاقیلورلر . بوحالده مقره‌لرك سر بستجه محورلری اطرافنده دوران ایتملری ایجاب ایدر چونکه مقره‌لرك سرعتلری بر برینك عینی دکلدر .

(شکل ١١٣) (شکل ١١٢)



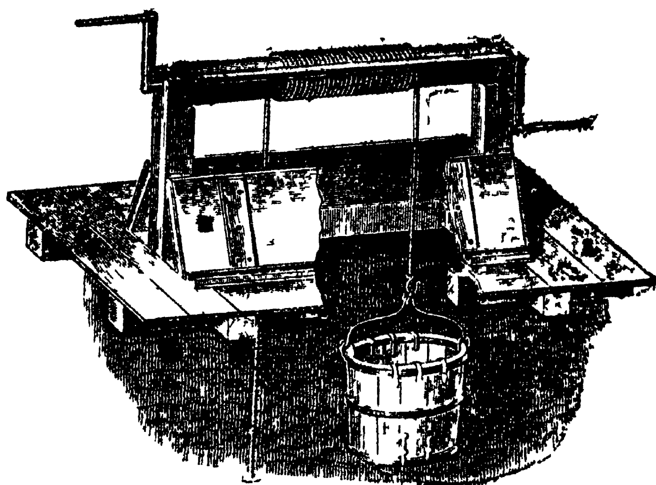
١٧١ —٠ موازنت شرطی . موازنتده بولنان بر پالانغه‌ده قوت مقاومتك ایپلر ویاخود مقره‌لر عددینه تقسیمنه مساویدر .

فی‌الحقیقه : برپالانغه‌ده ایپلر یکدیکرینه موازی ومساوی بردرجه‌ده کرلمشلر کبی ملاحظه اولنوب اکر ایپلرك عددی ه ایله اشعار اولنور ایسه هر بری $\frac{\text{ك}}{\text{ه}}$ قدر بر ثقلتی متحمل اولمغله بوجهتله نهایتکی ایپه تأثیر ایدن قوت دخی $\frac{\text{ك}}{\text{ه}}$ نه مساوی بولنور . (شکل ١١٢ و ١١٣) ده ترسیم اولنان پالانغه‌لرده و $=$ $\frac{\text{ك}}{\text{ه}}$ در .

چیقریق

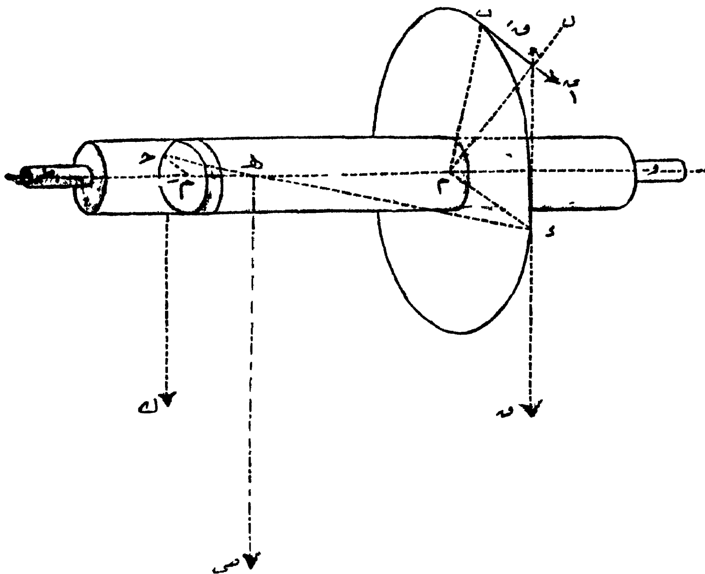
١٧٢ — . چیقریق برحرکت مستدیرۀ متصله‌یی برحرکت مستقیمه‌یه تحویله مخصوص وبر محور اطرافنده دوران ایدن برجسم اولوب علی‌العاده ایکی مویلویه منتهی اولان براسطوانه‌دن ترکب ایدر مویلولر اسطوانه ایله عینی محورلری حاوی اولوب یالکز نصف قطرلری برار دها کوچك اوله‌رق (شکل ١١٤)

(شکل ١١٤)



مويلو يتاغى تعبير اولنان مسند ثابتلرك اوزرلرينه موضوع بولنور مقاومت اسطوانه اوزرينه صاريلان بر ايپه تطبيق اولنوب قوت برقول وياخود (شكل ١١٥) چاپراز واسـطه‌سيله مسـتويسى اسطوانه محورينه عمود برمحيط دائره‌يه مماساً تأثير ايدر .

(شكل ١١٥)



١٧٢ —• چيقريغك موازنتى — ايچون قوت ايله مقاومتك سطوانه‌يى مخالف جهتلره دورانه ساعى بولنـه‌رق نصف قطرلر ايله معكوساً متناسب بولنملرى اقتضا ايدر .

(شكل ١١٥) قوتك ب نقطه‌سنده نصف قطرى ر اولان برمحيط دائره‌يه واسطوانه محورى افقى اوله‌رق مقاومتـك دخى

ح نقطه‌سنده شاقولاً نصف قطری ىَر اولان اسطوانه‌یه مماساً تأثیر ایتدکلری فرض اولندقده ك مقاومتی مَ ح نصف قطر افقیسنك نهایتنه تطبیق اولنمش کبی ملاحظه اولنه‌بیلور قوتك نقطهٔ تطبیقنك یعنی الك رسم ایلدیکی دائره‌نك نصف قطر افقیسی م د اولسه د نقطه‌سنده بودائره‌یه مماساً و قوتنه مساوی وبربرینه مخالف ایکی وَ ، وَ قوتلری تطبیق اولندقده بوایکی قوت یکدیکریله موازنت احداث ایده‌جکندن هیئتك موازنه حالی تغیر ایتمز .

مساوی و ، وَ قوتلرینك حاصله‌سی اشبو قوتلرك زاویه‌سنی تنصیف ایلدیکندن م نقطه‌سندن مرور وبوراده محورك ثابت اولمسیله امحا اولنور بو صورتده ایکی موازی وَ ، ك قوتلری قالوب موازنت واقع اولمق ایچون بوقوتلرك حاصله‌سنك محور قطع ایتمسی لازمکلمکله بوجهتله قوتلرك نقطهٔ تطبیقلرینی و ح ایدن ح د خطنك محوری قطع ایلدیکی ه نقطه‌سنه تطبیق اولنمش اولوب (§ ٩١) $\frac{و}{ك} = \frac{ح ه}{د ه}$ اولمق ایجاب ایدر لکن ه مَ و ه م د مثلثلری مشابه اولدیغندن $\frac{ح ه}{د ه} = \frac{مَ ح}{م د} = \frac{ىَر}{ىر}$ اولوب

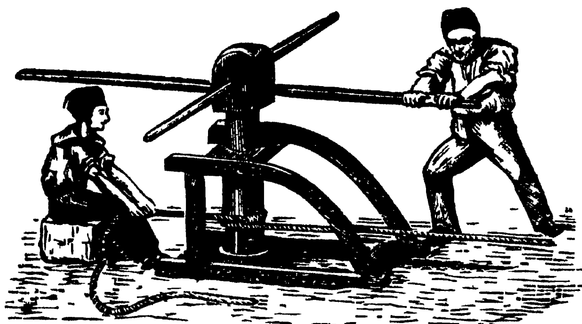
بوسببدن $\frac{و}{ك} = \frac{ىَر}{ىر}$ اولوب مطلوب ثابت اولور .

١٧٤ —• مویلو یتاقلرینه اولان تضیق —• مویلو یتاقلرینك هربرینه واقع اولان تضییقی تعیین ایتمك ایچون (١)° نقطه‌سنه تطبیق اولنان ایکی ك و ح قوتلرینك شاقولی ص حاصله‌لری (٢)° مرکز ثقلتنه تطبیق اولنان چیقریقك

شاقولی برقوتدن عبارت وزنی (٣)° ل قوتی ملاحظه اولنوب
بوقوتلردن هر بری ط ، ونقطه‌لرینه تطبیق اولنان ایکیشر موازی
قوته تحلیل اولنور بوصورتده بوایکی نقطه‌دن بهرینه اوچر قوت
تطبیق اولنمش اولوب آیری آیری حاصله‌لری بویتاقلره اولان
تضییقدن عبارت اولور .

بوژور غاد —. (شکل ١١٦) ده کورلدیکی وجهله

(شکل ١١٦)



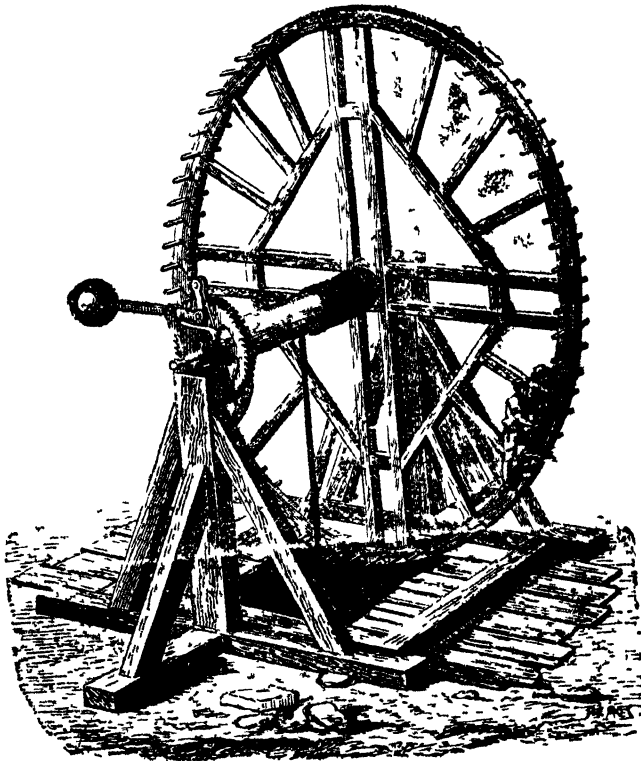
بوژورغاد اسطوانه‌سی شاقولی بر چیقریقدن عبارت اولوب
باشلوجه لیمانلرده وکمیلرده استعمال اولنور .

دولاب یاخود چیویلی چرخ

١٧٥ —. دولاب یاخود چیویلی چرخ (شکل ١١٧) قوتلی
چیویلر ایله تجهیز اولنان بیوك برچرخ واسطه‌سیله حرکت ایدوب
بر ویا متعدد عمله بوچیویلره باصه‌رق یوقارو چیقار ایسه چرخ

دخی بو ثقلتك تأثیریله دوران ایدر بو آلتده قوت عمله‌نك ثقلتی اولوب شاقولی برقوتدن عبارت اوله‌رق چرخه مماساً تأثیر ایتمدیکندن موازنتی عادی چیقریغك موازنتندن فرقلیدر .

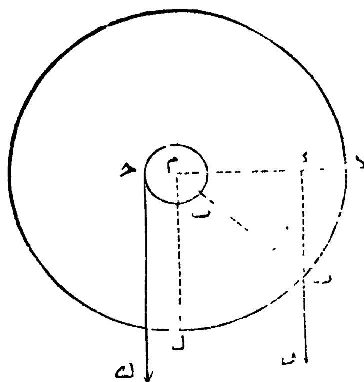
(شکل ١١٧)



موازنت شرطی — (شکل ١١٨) محیط دائره‌نك ب نقطه‌سندن ه قوتی تأثیر ایدوب ب ل قوسی ب چرخك

واسطوانه‌نك نصف قطرلری ر و رَ اولسه موازنت حاصل اولمق ایچون حاصله‌نك م نقطه‌سندن مرور ایتمسی لازمكلور

(شكل ۱۱۸)



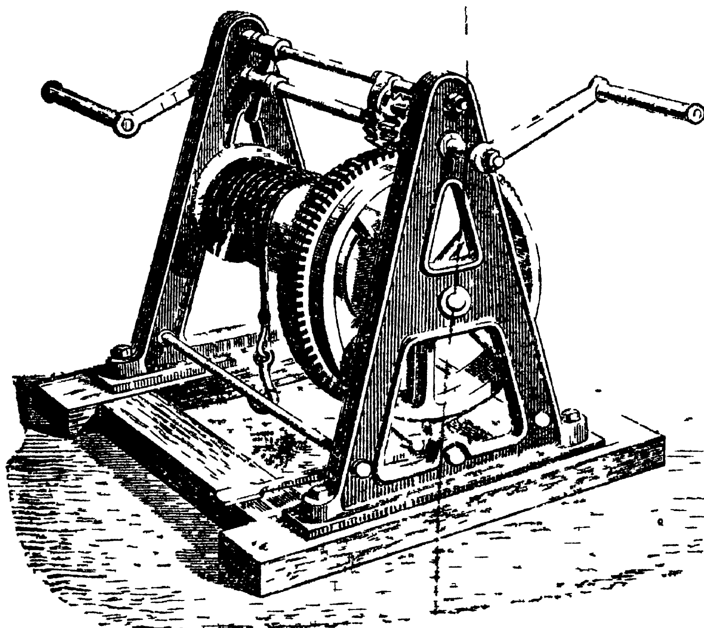
(§ ۱۰۱) ه × م د = ك × م ح اولوب لكن م د = ر حس ب اولدیغندن ه ر حس ب = ك رَ ∴ ه = ك رَ / ر حس ب

اولور .

قوتك اثری حس ب ایله برابر تزاید ایدوب ب = ۹۰ اولدیغی زمان اعظمی اولور ایسه‌ده لكن عمله‌نك ه نقطه‌سنه صعوددن اجتناب ایتمسی لازمكلور زیرا آلتك آز بر حركتی عمله‌یه بونقطه‌یی تجاوز ایتدیرسه وزننك تأثیری دها آز اولوب ك قوتی چرخی عكسی جهته دوران ایتدیرر اشته بوجهتله ب نك ۷۰° درجه‌یی تجاوزندن اجتناب اولنمق ایجاب ایدر .

١٧٦ —. دیشلی چرخلی چیـقریق —. قول ویا چاپرازك طولنه زیاده ابعاد اعطا ایتمکسزین چیقریق واسطه‌سیله بیوك برقوت استحصال ایتمك ایچون (شکل ١١٩) دیشلی چرخلی چیقریق استعمال اولنور قوت ایکی قول اوزرینه تأثیر ایدوب فنار

(شکل ١١٩)

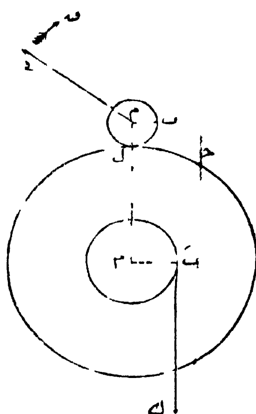


تسمیه اولوب کوچك بردیشلی چرخ واسطه‌سیله اسطوانه اوزرینه ثابت قلنان بیوك نصف قطرده بر ح دیشلی چرخی دوران ایتدیرر.

١٧٧ —. موازنت شرطی —. (شکل ١٢٠) قوتلر

دیرسکای هم ل و ل مَ بَ مانولەلری اوزرینه تأثیر ایدر کبی ملاحظه و م ب = رَ و دَ بَ = رً ، مَ ل = ر وقوتك م ه بعدی ل ایله اشعار اولنوب بری ل م ه مانولەسی واسطەسیله ه ودیکری ل مَ ب مانولەسی واسطەسیله ك قوتیله موازنت حاصل و ل نقطەسنده تأثیر ایدن ایکی مساوی ومخالف قوتك مقدار وشدتی (س) ایله اشعار اولندقده (§ ١٤١)

(شکل ١٢٠)



ل م ه مانولەسنك موازنتندن ه × ل = س × رَ و ل مَ بَ مانولەسندن دخی س × َر = ك × رً اولوب بومناسبتلر طرف طرفه ضرب اولندقده ه ل ر = ك َر رً ∴

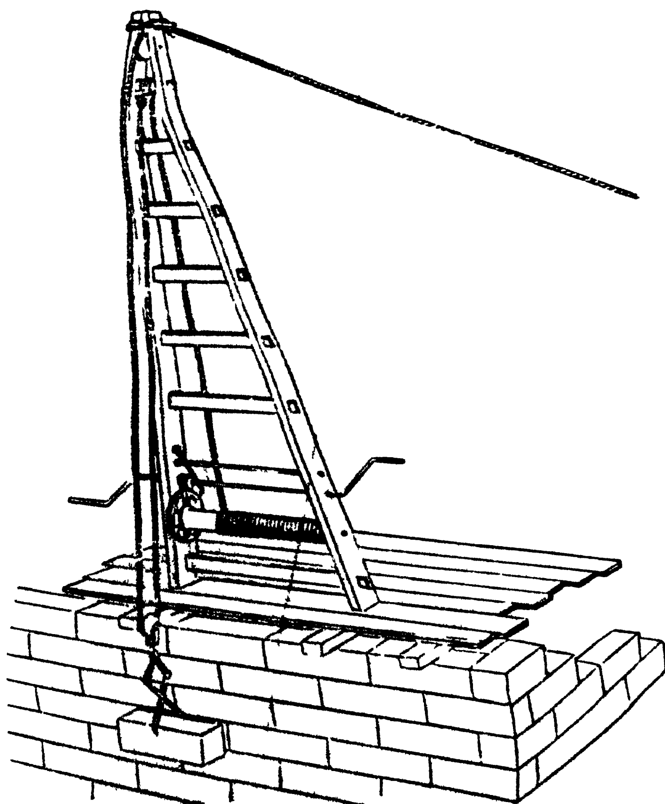
ه / ك = َر رً / ل ر یعنی قوتك مقاومته نسبتی فار وچیقریغك نصف قطرلری حاصل ضربنك قول ایله بیوك چرخك نصف

قطرلری حاصل ضربنه نسبتی کبی اولور . صورتك مضروبلری
مخرجك مضروبلرینه نسبتله غایت اصغر اخذ اولنه بیله‌جکندن
قوت دخی مقاومتدن پك کوچك اوله‌بیلور .

۱۷۸ —. ارعاد —. مالزمه‌نك ترفیعی ایچون استعمال اولنان بوآلت
چیقریق ایله مقره‌نك ترکیبندن عبارتدر.

ارعاد خفیفجه مائل اوله‌رق برایپ واسطه‌سیله برمحل ثابته قویجه ربط
اولنه‌رق (شکل ۱۲۱) ماوله ویاخود علی العاده بردیشلی چرخلی

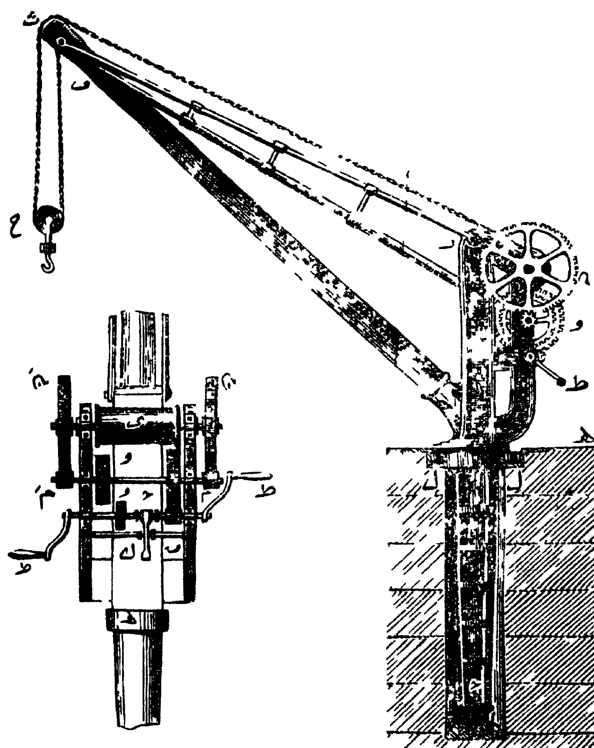
(شکل ۱۲۱)



چیقریقی واسطه‌سیله حرکت ایتدیریلور بعصکره‌ده یوك (§ ۱۶۹) قوتك اثرینی تضعیف ایچون بر متحرك مقره‌یه تعلیق اولنور.

۱۷۹ —— ماچونه —— غایت آغر یوکلری ترفیع ایله افقاً حرکت ایتدیرمکه مخصوص بر آلتدر (شکل ۱۲۲) شاقولی ب ب ح اغاجنك ح مسندی ک یصدیغی اوزرینه موضوع اولوب زمین تسویه‌سنده ه اسطوانه‌سنك محیط اولدیغی کوچك ل ، لَ تکرلکلری اغاج برحرکت

(شکل ۱۲۲)

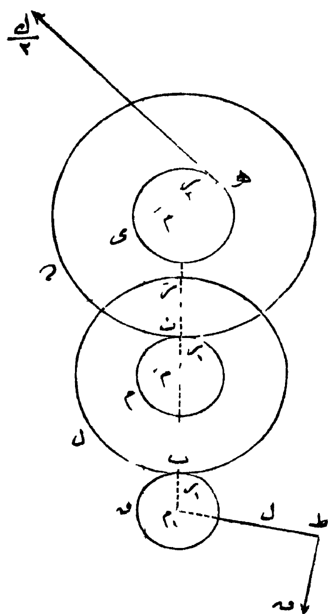


دورانیه ایله متحرك اولدیغی زمان دلك وتماسی تنقیصه تخصیص اولنمشدرلر برمائل ف قولی ث مقره‌سنه منتهی اولوب یوك بر ح متحرك مقره‌سنه تعلیق اولنور . زنجیر ث مقره‌سدن مرور ایتدکدنصکره ی چیقریغنه

صاریلوب بوچیقریق دخی ط ، طَ قوللری واسطه‌سیله دوران ایتدیریلور یوك یك آغر اولدیغی زمان ده فناریله ل چرخی تداخل ایتدیریلوب اشبو چرخ دخی ی چیقریغنه ثابت قلنمش ه چرخی دوران ایتدیرن م فناریله برلکده عینی براغاجه ربط اولنمشدر اشته بووجهله ماچونه‌نك غایت آغر حرکتی تحصیل اولنور . یوك آزآغر اولدیغی زمان مانوله‌لرك محوری بیوك ع فناری م و مَ فنارلری و ل چرخیله عینی محوره طاقلمش (و) چرخیله تداخل ایتدیله‌جك وجهله قایدیریلور .

۱۸۰ —. موازنت شرطی — قوت ط نقطه‌سنده (شکل ۱۲۳)

شکل ۱۲۳



طولی ل اولان ط مانوله‌سی اوزرینه تأثیرایدوب ل و ه چرخلرینك نصف قطری ر و رَ ده‌وم فنارلرینك ر، رَ وچیقریغك رَ ایله اشعار و (§ ۱۷۷) ب نقطه‌سنده موازنت حاصل ایدن ایکی مساوی

قوت س و ث نقطه‌سنده موازنت حاصل ایدن مساوی قوتلر دخی ع ایله ارائه اولندقده :

ط ؟ ب مانوله‌سندن ه × ل = س × ر ١ و ب م ث مانوله‌سندن دخی س × ر = ع × ر ١ اولور. متحرك مقره‌دنطولایی چیقریق اوزرینه صاریلان ایپك کرله‌سی ك یوکنك نصفی یعنی ك/٢ اولمغله ث م ه مانوله‌سندن ع × ر = ك/٢ × ر ٢ اولوب اشبو اوچ معادله نظیر نظیره ضرب و س ع مضروب مشترکی ترك اولنه‌رق ه ل ر ر = ك/٢ × ر ١ ر ٢ ر ∴ ه = ك/٢ (ر ١ ر ٢ ر)/(ل ر ر) اولوب یعنی قوتك یوکك نصفنه نسبتی قنار وچیقریغك نصف قطرلری حاصل ضربنك چرخلرك نصف قطرلری و مانوله طولنك حاصل ضربنه نسبتی کبی اولمش اولور.

§ ۳ سطح مائل

۱۸۱ —• افق ایله برزاویه احداث ایدن مستوی‌یه سطح مائل دینلور (شکل ۱۲٤) اکر سطح مائل اوزرنده بر ه نقطه‌سی آلنوب ح مستوی افقیسنه ه ه َ عمودی تنزیل و ه َ موقع

شکل ۱۲٤

عمودندن ایکی مستوینك ب ح فصل مشترکنه کذا ک ہ ء عمودی اقامه اولندقده حاصل اولان ء ک ہ مثلث قائم الزاویه‌سنك ء ہ وترینه یعنی مستوینك خط میل اعظمنه سطح مائلك طولی و ہ ک خطنه ارتفاعی و ء ک طولنه قاعده‌سی وارتفاعك

قاعده‌یه نسبتنه یعنی $\frac{ہ ک}{ک ء}$ = مماس ب نسبتنه سطح مائلك میلی

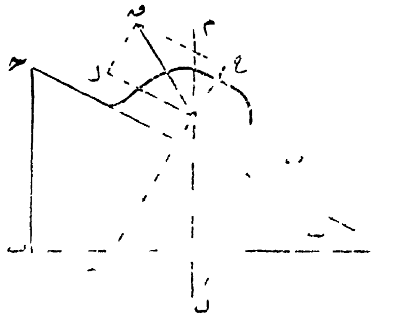
تسمیه اولنور .

١٨٢ —. موازنت عمومیه شرطی —. ك وزننده برجسمی بر ہ قوتی برسطح مائل اوزرنده موازنتده طوتدیغی حالده (§ ١٣٣) ہ و ك قوتلرینك حاصله‌سنك مستوی‌یه ناظم اولمسی ایجاب ایدر . بو حالده جسم کندی ك وزنی و ہ قوتی ومستوینك عکس التأثیرندن عبارت قوای ثلثه تحت تأثیرنده سربست برجسم کبی ملاحظه اولنوب موازنتی حاصل ایدن اشبو اوچ قوت (§ ١٢٩) برمستویده بولنورلر . ك وزننك استقامتی بومستوی درونده بولندیغندن شاقولی وسطح مائلك عکس التأثیرندن دخی مرور وبو جهتله اشبو سطحه عمود بولندیغندن سطح مائلك خط افقیسنه دخی عمود بوله‌رق بوسطحی برخط میل اعظمی استقامتنده قطع ایدر . اشبو مستوی بروجه آتی شکلك مستویسی اوله‌رق اخذ اولنور .

١٨٣ —. (شکل ١٢٥) ح ء سطح مائلی اوزرنده ك وزنیله ہ قوتنك تحت تأثیرنده موازنتده برجسم ملاحظه اولندقده ك و ہ قوتلری برینه سطح مائله موازی وعمود

ف ، ه و ل ، ح مركبلرى وضع واقامه اولنه‌بيلوب سطح مائلك ميلى ب و ن قوتنك سطح مائل ايله احداث ايلديكى زاويه ح ايله اشعار اولنه‌رق

شكل ١٢٥



ف = ك حس ب ، ه — ك تحس ب ، ل — ن تحس ح ، ح = ن حس ح اولور .

موازنت واقع اولمق ايچون اولا ف ، ل قوتلرينك بربرينه مساوى اولمسى ثانياً ح قوتك الك زياده ه يه مساوى بولمسى ايجاب ايدر بوصورتده (١)° ن تحس ح = ك حس ب ∴

ن = ك (حس ب / تحس ح) و (٢)° ه ≷ ح ∴ ه - ح ≷ . اولور .

مستوى اوزرينه اولان تضييق ۞ ايله اشعار اولندقده : ۞ = ه — ح = ك تحس ب — ن حس ح وياخود ن يرينه (١) قيمتى وضع اولنه‌رق ۞ = ك تحس ب — ك (حس ب حس ح / تحس ح)

$$= ك \frac{\text{تحس ب تحس ح — حس ب حس ح}}{\text{تحس ح}} = ك \frac{\text{تحس (ب + ح)}}{\text{تحس ح}} \ldots (۲)$$

وبوسببله ایکنجی شرط ك $\frac{\text{تحس (ب + ح)}}{\text{تحس ح}} \geqq$. ویا سادەجە

$\frac{\text{تحس (ب + ح)}}{\text{تحس ح}} \geqq$. اولمش اولور

۱۸٤ —• احوال خصوصیه —• (۱)° اکر ح = ۹۰° — ب یعنی قوت شاقولی ایسه ۱ و ۲ دستورلرنده ح یرینه ۹۰° — ب وضع اولندقده ن = ك و ۞ = ۰ یعنی قوت جسمك وزننه مساوی اولوب جسم دخی سطح مائله برتضییق اجرا ایتمز (۲)° ح = ۰ یعنی قوت سطح مائله موازی اولور ایسه ۱ و ۲ دستورلری ن = ك حس ب و ۞ = ك تحس ب اولورکه بو حالده ن قوتی قیمت اصغریەیی حائز اولوب بواستقامت دخی قوت ایچون اك مساعد بولنور . حس ب = $\frac{\text{ب ح}}{\text{ح ء}}$ و تحس ب = $\frac{\text{ب ء}}{\text{ح ء}}$ مساویلری سبقت ایدن دستورلره وضع اولندقده اشبو حال خصوصیده قوتك جسمك وزننه نسبتی ارتفاع سطح مائلك طولنه نسبتی کبی وکذا سطح مائل اوزرینه اولان تضییقك جسمك وزننه نسبتی قاعدۀ سطح مائلك طولنه نسبتی کبی اولدیغی اکلاشیلور . (۳)° اکر ح = — ب یعنی قوت افقی ایسه ن = ك مماس ب و ۞ = $\frac{\text{ك}}{\text{تحس ب}}$ یعنی قوتك جسمك وزننه نسبتی ارتفاع سطح مائلك قاعدەسنه وکذا تضییقك وزنه نسبتی طولك قاعدەیه نسبتی کبی بولنمش اولور (٤)° اکر ح = ۹۰° یعنی قوت سطح مائله ناظم ایسه ۱ و ۲ دستورلرندن ن = ∞ و ك = ∞ بولنوب یعنی سطح مائله

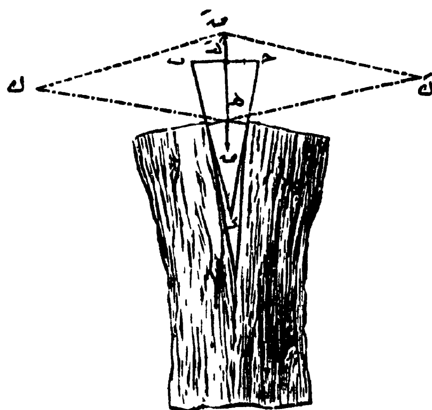
ناظماً تأثیر ایدن هیچ برقوتك جسمی قایمدن منع ایده‌میه‌جکی استدلال اولنور. کرچه عملیاتده عکسی کوریلور ایسه‌ده بوده ایلروده بیان اولنه‌جق دلاك وتماسدن نشأت ایلر.

ترس قامه

١٨٥ —. قامه برمنشور مثلثیدن عبارت اولوب ایکی جسمك آره‌سنه ادخال اولنه‌رق بونلری بربرندن آیرمق خصوصنده استعمال اولنور. علی العاده قامه ایکی وجهی بربرینه مساوی منشور مثلثی اولوب بعضکره دخی منشور مثلثیٔ قائمدن عبارتدر.

١٨٦ —. موازنت شرطی —. وجهلری مساوی قامه‌ده رأسنه‌عمود اولان قوتك وجهلرینه‌عمود اولان اولان مقاومتلردن برینه نسبتی قامه رأسی عرضنك ضلعی طولنه نسبتی کیدر. فی‌الحقیقه (شکل ١٢٦) قامه‌نك وجهلرینه ناظم اولان تضییقلر

شکل ١٢٦



هـ نقطهٔ تلاقی‌یه تطبیق اولنمق اوزره هك و هكَ دن عبارت فرض اولندقده : بوایکی قوتك دمَ حاصله‌لرینك موازنت حاصل ایده‌جکی ره قوتنه طوغریدن طوغری‌یه مقابل بولنمسی ایچون بوحاصله‌نك قامه‌نك رأسنه عمود اولمسی ایجاب ایدر . ایمدی کَرك هـ و بحد مثلثلرینك اضلاعی متناظراً یکدیکرینه عمود بولندیغندن $\frac{هـ کَ}{هـ ك} = \frac{ب ح}{ح د} \because \frac{ر}{ك} = \frac{ب ح}{د ح}$ اولوب مطلوب حاصل اولور .



فصل بشنجی

قوتلرك ایشی – ماكنه‌لرده ایشك انتقالی مقاومت مضره‌لر .

§ ۱ قوتلرك ایشی

۱۸۷ –– . برقوتك ایشی قوتك شدتنك كندی استقامتنده متحركه قطع ایتدیردیكی مسافه‌یه حاصل ضربنه مساویدر برقوتك ایشی ر ج ایله كوستریلور قوای سائره‌نك ایشلری ثقلتك ایشیله مقایسه اولنوب بركیلو غرام وزننده برجسمی برمتره‌یه ترفیع ایده‌بیلان برایش واحد قیاسی اعتبار و (كیلو غرامتره) تسمیه اولنور .

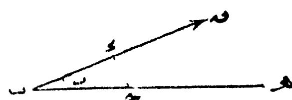
زمان هرنه اولور ایسه اولسون یاپیلان ایش تبدل ایتمدیكندن كیلوغرامتره زمانه غیر تابع بولنور مع هذا برزمان معلومده دها زیاده ایش حاصل ایدن ماكنه دها فائده‌لی اولدیغندن بردیكر واحد قیاسی دها قبول اولنوب بخار باركیری تسمیه اولنور بربخار باركیری (برثانیه‌ده ۷۵ كیلوغرامتره ایش) دن عبارتدر . بوایش عادی برباركیرك حاصل ایده‌جكی ایشدن چوق زیاده‌در برمانژه قوشولمش برباركیر ثانیه‌ده ۴۱ وبوجهتله سكز

ساعت چالیشمق اوزره برکونده (١١٨٠٨٠٠) کیلو غرامترهلك ایس حاصل ایدوب حالبوکه برثانیهده ٧٥ کیلو غرامتره اولان ایش ٢٤ ساعت ظرفنده (٦,٤٨٠,٠٠٠) کیلو غرامترهیه بالغ اولور . بوحالده برباركیر قوتنده برماكنه هربری ٢٤ ساعت ظرفنده سکزر ساعت چالیشمق اوزره بش عادی باركیرك حاصل ایدهجکی ایشدن دها زیاده ایش حاصل ایتمش اولور .

١٨٨ —. حرکتك جهتنده تأثیر ایدن قوته قوهٔ محرکه وبونك حاصل ایدهجکی ایشه محرك ایش دینلوب متحرکك حرکتی جهتنك عکسیاولهرق تأثیر ایدن ومقاومت تسمیه اولنان قوتك ایشنه دخی مقاومت ایشی دینلور . بالفرض برجسم ترفیع اولندیغی زمان حاصل اولان ایش محرك ایش اولوب ثقلتك حاصل ایتدیکی ایش دخی مقاومت ایشی اولور .

١٨٩ —. اکر محرك ملاحظه اولنان قوتدن بشقهجه قوتلرك دخی تأثیریله قوتك استقامتنه نسبتله (شکل ١٢٧) کیف ماتفق بر ب ه استقامتنده حرکت ایتسه قوتك استقامتنده

شکل ١٢٧



قطع اولنان مسافه (ب ح) لك بواستقامت اوزرندهکی مرتسمندن عبارت اولوب بوصورتده برموجب تعریف $\text{ش} = \text{ق} \times \text{ب د}$

ویاخود ایکی استقامت بیننده کی زاویه ب و ب ح مسافه سی ف
ایله اشعار اولنه رق س = ن × ف × جب ب اولور بو صورتده :
بر قوتك ایشی قوتك شدتنك کندی استقامتی اوزرنده تخمین
اولنان مسافه یه یعنی بو استقامت اوزرنده کی مرتسمنه حاصل
ضربنه ویاخود س ایشی ن جب ب × ف شکلنده دخی یازیله
بیله جکندن مسافه نك قوتك اشبو استقامت اوزرنده مرتسمنه
حاصل ضربنه مساوی بولنمش اولور .

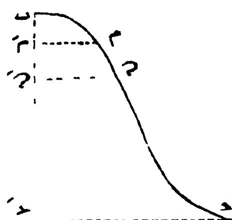
۱۹۰ —. مناقشه . س = ن ف جب ب دستورنده اکر جب ب
مثبت ایسه س محرك ایش و اکر منفی ایسه مقاومت ایشی اولوب
بوسببدن محرك ایش مثبت و مقاومت ایش منفی اعتبار اولنور .
ن × ف × جب ب حاصل ضربی مضروبلرندن بری صفر
اولدیغی زمان صفر اولوب بو جهتله بر وجه آتی اوچ حال تعریف
اولنور (۱)° ن = . یعنی قوت یوق ایسه ایش دخی موجود
بولنمز یوارلق برجسمك برسرعت مکتسبه دن طولایی حرکت
متساویه ایله برمستوئ افقی اوزرنده یوارلنمسی کبی (۲)°
ب = ۰ یعنی جسم حرکت ایتمز ایسه ایش دخی حاصل اولمز
صواقی مسدود میللی بر صو یولنده کی صویك ایشی کبی (۳)°
جب ب = ۰ .: ب = ۹۰° یعنی قوتك استقامتی قطع اولنان
مسافه یه عمود ایسه ایش ینه صفر اولور بر واغونك تعقیب ایتدیکی
یوله عموداً وزان ایدن روزکارك ایشی کبی .

۱۹۱ —. ثقلتك ایشی —. برجسمك تعقیب ایتدیکی طریق
نه اولور ایسه اولسون برقوت ثابته دن عبارت اولان ثقلتك ایشی

جسمك وزننك شاقولاً قطع ایتمش اولدیغی مسافه‌یه حاصل ضربنه مساویدر .

(شکل ۱۲۸) جسمك تعقیب ایتدیکی طریق اوزرنده مستقیم کبی اعتبار اولنه‌بیلان م ہ جزئی اخذ اولندقده م ہ نك قطعی

شکل ۱۲۸

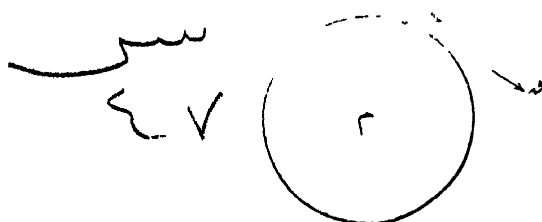


ایچون حاصل اولان ایش (§ ۱۸۹) جسمك وزنی ك و م ہ نك شاقولی اولان قوتك استقامتی اوزرنده‌کی مرتسمی مَ ہَ ایله ارائه اولنه‌رق ك × مَ ہَ اولور . سائر جزؤلر ایچوندخی عینی وجهله بولنان ایشك اشبو جزؤلری جمع اولندقده س = ك × ب حَ اولمش اولور .

۱۹۲ —. برچرخك محیطنه مماساً تأثیر ایدن مقدار واستقامتجه ثابت برقوتك ایشی —. (شکل ۱۲۹) ب ہ خط مماسی اوزرنده کبی اعتبار اولنه‌بیلان اصغر برقوس ب حـ اولسه بونك قطعنده قوتك ایشی قطع اولنان مسافه قوتك استقامتنده بولندیغندن ہ × ب حـ اولمغله ایشك بووجهله تحصیل اولنان عینی جزؤلری جمع وچرخك نصف قطری ر ایله اشعار اولنه‌رق س = ہ × ۲ π ر اولور . اکر متحرك قوتك

دائما مماساً تأثیر ایتدیکی برمنحنی اوزرنده حرکت ایدر ایسه عینی سببدنطولایی بومنحنینك طولی ل ایله اشعار اولندقده $\overline{\text{س}} = $ ق . ل اولمش اولور .

شکل ۱۲۹

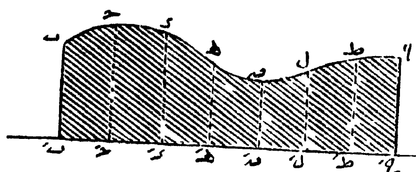


۱۹۳ —۰ برقوت متحولهنك ایشی —۰ متحرکك قطع ایتدیکی مسافه قوت مقدار واستقامتجه ثابت اعتبار اولنهبیلهجك قدر اصغر برطاقم جزؤلره تقسیم اولندقدنصکره بواصغرمسافهلرك هربرینك بدایتنده قوت متحولهنك مقدار واستقامتجه حائز اولدیغی قیمته نظراً قوت ثابته کبی ایشی بولهرق ایشلك اشبو جزؤلری جمع اولندقده مجموع مسافهنك قطعی ایچون قوت متحولهنك مجموع ایشی استحصال اولنمش اولور .

(شکل ۱۳۰) بر ب ح خط مستقیمی اوزرنده هرقنغی برمقیاس ایله مذکور مسافهلره مساوی (ب ح ، ح ء , ...) بعدلری اخذ وتقسیمات نقطهلرندن اخراج اولنان عمودلر اوزرنده قوتك مذکور مسافهلرك بدایتنده محرکه رسم اولنان مماسلر اوزرندهکی مرتسملرینه مساوی برر بعد قطع وتقسیمات نقطهلری وصل اولندقده (ب ح ء . . . ح ح ط ح ب) شبه منحرف منحنی

الضلعك مساحهٔ سطحیه‌سی قوت متحوله‌نك مطلوب اولان مجموع ایشندن عبارت بولور .

شکل ١٣٠



١٩٤ —. برقوت متحوله‌نك مقدار وسطیسی —. قوت متحوله‌یه نسبتله عینی مسافه‌نك قطعنده عینی ایش حاصل ایدن برقوت ثابته‌یه قوت متحوله‌نك مقدار وسطیسی دینلور . قوت متحوله‌نك ایشی یش قطع اولنان مسافه ف وقوت متحوله‌نك مقدار وسطیسی یعنی قوت وسطیه قه ایله اشعار اولندقده قه × ف = یش وبوجهتله قه = یش/ف اولمش اولور .

١٩٥ —. قوای متعدده‌نك حاصله‌سنك ایشی . دعوی —. قوای متعدده‌نك حاصله‌سنك ایشی مرکبلرینك ایشلری مجموع جبریسنه مساویدر . فی‌الحقیقه ق ، ق١ ، ق٢ ، ... قوتلرینك حاصله‌سی ح اولسه (§ ٢٦ شکل ٥) هرقنغی برسرعت ویاقوهٔ حاصله‌نك مرتسمی (ب س ، ر١ ، ر٢ ، ر) ذوکثیرالاضلاعنك مرتسمنه یعنی مرکبلرك مرتسملری مجموعنه مساوی بولنمغله حاصله ومرکبلرك قطع اولنان مسافه اوزرنده مرتسملری ح ، ل ، ل١ ، ... فرض اولنه‌رق ح = ل + ل١ + ل٢ + ...

مساواتنك طرفینی ف مسافه‌سیله ضرب اولندقده حَ ف = ل ف + ل١ ف + ... ویاخود (§ ١٨٨) حَ سن = سن١ + سن٢ + ... اولوب مطلوب ثابت اولور.

قوت زنده

١٩٦ —. برنقطهٔ مادیه‌نك جوهرینك سرعتی مربعنه حاصل ضربنه قوت زنده‌سی تسمیه اولنور.

دعوی —. برنقطهٔ مادیه‌یه تأثیر ایدن برقوت ثابته‌نك ایشی نصف قوت زنده‌نك مقدار تحولنه مساویدر فی‌الحقیقه: قوت ثابته قطع اولنان مسافه استقامتنده تأثیر ایتدیکی حالده (§ ٦٣) نقطهٔ مذکوره‌یه برحرکت متزایدهٔ منتظمه اعطا ایدوب بوحرکتك سرعت ابتدائیه‌سی ب ومقدار تعجیلی ه و ع زمانی نهایتنده قطع اولنان مسافه ف ایله اشعار اولندقده: (§ ٦٩)

و = ح . ه و (§ ١٢) ف = ب ع + ه ع٢ / ٢ اولدیغندن بوصورتده

سن = و . ف = ح ه (ب ع + ه ع٢ / ٢) = ح ب ه ع + ح ه٢ ع٢ / ٢ ...

(١) اولوب لکن (§ ١١) س = ب + ه ع ∴ ه ع = س — ب

قیمتی (١) معادله‌سندن محلنه وضع اولندقده سن = ح ب (س — ب) + ح (س — ب)٢ / ٢ = (ح س٢ — ح ب٢) / ٢ ∴ سن = ١/٢ ح س٢ — ١/٢ ح ب٢ یعنی قوتك ایشی حرکتك نهایتنده‌کی نصف قوت زنده ایله بدایتنده‌کی نصف قوت زنده بیننده‌کی تفاضله مساوی بولنمش اولور. اکر قوت قطع اولنان مسافه استقامتنده تأثیر ایتمز ایسه

بری بواستقامته موازی دیکری عمود ایکی مرکبه تحلیل اولندقده
(§ ١٩٠ ، $\frac{٥}{٢}$) ایکنجی مرکبك ایشی صفر وبوجهتله (§ ١٩٥)
قوتك ایشی یالکز برنجی مرکبنك ایشنه ارجاع اولنەرق دعوای
سابق ینه قابل تطبیق بولنور .

١٩٧ — . دعوی . برنقطهٔ مادیەیه تطبیق اولنان قوای
متعددەنك حاصل ایتدیکی ایش نصف قوت زندەنك مقدار
تزایدینه مساویدر . بوقوتلرك ثابت ومتحول برحاصلەلری
تعیین اولنەبیلوب وحاصلەنك ایشی مرکبلرینك ایشلری مجموعنه
مساوی اولدیغندن بروجه آتی یالکز بوحاصلەنك ایشی نظر
مطالعەیه آلنور ،

نقطهٔ مادیەنك محرکی قوهٔ حاصلەیه مقدار واستقامتجه ثابت کبی
نظر اولنەبیلەجك وجهله برطاقم اجزاء مستقیمەیه تقسیم ونقطهٔ
مذکورەنك جوهری ح سرعت ابتدائیەسی ب وبرنجی ،
ایکنجی، . . . ، نهایتکی جزؤلر نهایتده کی سرعتی $ب_١$ ، $ب_٢$,... $ب_د$
ایله اشعار اولندقده نقطەنك

برنجی جزؤی قطع ایتدیکی اثناده حاصل اولان ایش (§١٩٦) . . . $\frac{١}{٢}$ ح $ب_١^٢$ — $\frac{١}{٢}$ ح $ب^٢$

ایکنجی 〃 〃 〃 〃 〃 〃 $\frac{١}{٢}$ ح $ب_٢^٢$ — $\frac{١}{٢}$ ح $ب_١^٢$

اوچنجی 〃 〃 〃 〃 〃 〃 $\frac{١}{٢}$ ح $ب_٣^٢$ — $\frac{١}{٢}$ ح $ب_٢^٢$

〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃

〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃

نهایتکی 〃 〃 〃 〃 〃 〃 $\frac{١}{٢}$ ح $ب_د^٢$ — $\frac{١}{٢}$ ح $ب_{د-١}^٢$

اولوب ایشك اشبو جزؤلری جمع واصلاح اولندقده مجموع ایشی

= $\frac{1}{2}$ م ں$_{٠}^{٢}$ — $\frac{1}{2}$ م ں^{٢} اولوب مطلوب ثابت اولور .

١٩٨ —. حال عمومی —. نقاط مادیه‌دن مرکب برجسم صلبه تطبیق اولنان قوای مختلفه‌نك ایشی .

دعوی هرقنغی برنقاط مادیه هیئتنه تطبیق اولنان قوتلرك ایشلری مجموعی هربرنقطه‌نك نصف قوت زنده‌سنك مقدار تحوللری مجموعنه مساویدر .

فی‌الحقیقه : هیئتك هرقنغی برنقطه‌سنه تطبیق اولنان قوای مختلفه‌نك حاصله‌سنك ایشی $\frac{1}{2}$ م ں^{٢} — $\frac{1}{2}$ م ں$_{٠}^{٢}$ اولوب مجموع ایشی استحصال ایتمك ایچون بوایش جزؤلرینی جمع ایتمك اقتضا ایدر بومجموع $\frac{1}{2}$ م ں^{٢} و $\frac{1}{2}$ م ں$_{٠}^{٢}$ کبی حدود متشابهه‌دن ترکب ایدوب بونلردن هربری ایسه مج $\frac{1}{2}$ م ں^{٢} و مج $\frac{1}{2}$ م ں$_{٠}^{٢}$ ایله ارائه اولنه‌بیله‌جکندن بوصورتده

ش$_{٠}$ = $\frac{1}{2}$ مج م ں^{٢} — $\frac{1}{2}$ مج م ں$_{٠}^{٢}$ اولمش اولور .

١٩٩ —. تنبیه — قوت زنده‌لر معادله‌سی اعانه‌سیله قوتك نه‌مقدار وشدتی ونه استقامتی ونه‌ده متحرکه تأثیر ایتدیکی مدت معلوم اولمدیغی حالده مذکور قوتك ایشنك تعیینی شایان دقتدر سبقت ایدن دعاوی‌یه نظراً برقوتك ایشنی تعیین ایتمك ایچون متحرکك جوهریله قوتك متحرکه اعطا ایلدیکی سرعتی بیلمك کفایت ایدر . بحث آتیده قوت زنده‌لر دعاویسنك شایان دقت تطبیقات متعدده‌سی موجوددر .

§ ٢ قوت زنده‌لر اساسنك ماکنه‌لره تطبیقاتی

٢٠٠ —. ماكنه‌لر قوتلرك ایشلرینی نقله مخصوص جسملر ویا جسملرك هیئت مجموعه‌سندن عبارتدر.
برماكنه اوزرینه تأثیر ایدن قوتلر میاننده بعضلری ماكنه‌یی حركت حالنه وضع ایدوب بونلره قوهٔ محركه وبوقوتلرك ایشلرینه — محرك ایش — دینلور بعضلری دخی حركتی اغرلشدیره‌رق ماكنه‌یی طوردیرمغه ساعی بولنورلركه بونلره‌ده مقاومت وایشلرینه مقاومت ایشی تسمیه اولنور.

٢٠١ —. نافع وغیر نافع ایش — مقاومتلر ایكی قسمه منقسم اولوب بری ماكنه‌نك حاصل ایتدیكی اثر نافعدن عبارت اوله‌رق مقاومت نافعه وبونلرك ایشنه نافع ایش دینلور دیكری دلك وتماس وماكنه‌نك درونده حركت ایتدیكی واسطه‌نك مقاومتی، مصادمه‌لر، اقسام مختلفه‌یه سرایت ایدن اهتزازات وسائره‌دن عبارت مقاومت غیر نافعه اولوب بومقاومتلر محرك ایشك برقسمنی بلع ایدرك ضایع اولان ایش ویا غیر نافع ایشی حاصل ایدرلر. مثلا: قوغه ورچیقریق واسطه‌سیله برقیودن صوچیقارلدیغی زمان قوا تأثیر ایدن قوتك حاصل ایتدیكی ایش محرك وچیقاریلان صویله وزننك ارتفاعه حاصل ضربی نافع ایش قوغه وایپك وز وقوغه‌نك حركتنه مانع اولان صو وهوانك مقاومتی وآز چو برارتفاعه چیقارلدقدنصكره دوكیلان صویك وچیقریغك اسطوانه اوزرینه صاریلان ایپك خشونتی وسائره ضایع اولان یعنی نافع ایشی حاصل ایدرلر.

٢٠٢ —. برماكنه‌نك حركتی —. هر برماكنه برطـ نقاط ماده‌دن مركب كبی ملاحظه اولنه‌بیلوب (§ ١٩٨) ق

زنده‌لر دعواسنی تطبیق ایتمك ممکن اولور . بوصورتده برماکنه‌یه تطبیق اولنان قوتلرك ایشـی قوت زنده‌لرك نصف تحولاتیـله مساحه اولنوب فقط قوای محرکه ایله مقاومتلر عکسی جهتده تأثیر ایتدکلرندن بوقوتلرك ایشلری مخالف اشـارتده اخـذ اولنمق لازمکلور . محرك ایش $\text{سن}_{\text{م}}$ ومقاومت ایشی $\text{سن}_{\text{ه}}$ ایله اشعار اولنور ایسه $\text{سن}_{\text{م}} - \text{سن}_{\text{ه}} = \frac{1}{2}\text{ك}\text{س}^{2} - \frac{1}{2}\text{ك}\text{ل}^{2}$ اولورکه اشبو معادلهٔ مهمه‌یه ایش معادله‌سی تسمیه اولنور .

مناقشه — . ملاحظه اولنه‌جق بروجه آتی اوچ حال موجوددر.

حال ۱ . — اگر $\text{س} > \text{ب}$ ایسـه $\text{سن}_{\text{م}} > \text{سن}_{\text{ه}}$ اولوب بودور ماکنه‌نك حرکته بدئی اثناسندن عبـارت اوله‌رق سرعت مقدار عادیسنه واصل اولمق ایچون تزاید ایتمـك اوزره بولنورکه بونك ایچون محرك ایشك مقاومت ایشندن اعظم اولمسی ایجـاب ایدر

حال ۲ . — $\text{س} = \text{ب}$ بوسببدن $\text{سن}_{\text{م}} = \text{سن}_{\text{ه}}$ حالنده حرکت — متساویه — اولوب ماکنه دخی سرعت عادیه‌سنی کسب ایدر .

بوصورتده :

برماکنه‌نك حرکت متساویه ایله متحرك بولنمسی ایچون بوماکنه اوزرینه تأثیر ایدن قوتلرك حاصل ایده‌جکلری محرك ویامقاومت ایشـلرینك بربرینه مسـاوی بولنمسی اقتضا ایدر . حال ۳ . — $\text{س} < \text{ب}$ ∴ $\text{سن}_{\text{م}} < \text{سن}_{\text{ه}}$ اولوب بوحالده ماکنه‌نك سرعتی ازاله‌رق توقف دورندن عبارت بولنور . محرك ایش مقاومت ایشـندن اصغر اوله‌رق ماکنه طورنجه‌یه دکین تناقص ایتمکده دوام ایدر . محرك ایشك مقاومت ایشنه مساوی بولندیغی ماکنه‌نك حرکته بدئی ایله توقف آنی ارەسـنده کذران ایدن زمان ظرفنـده

محرك ایشك مجموعی بالطبع مقاومت ایشنك مجموعنه مساوی
بولنور. فی الحقیقه مس′ — مس = ½ ح س٢ — ½ ح ن٢ معادله‌سنده
ماکنه سکوندن حرکته شروع ایتدیکی جهتله ں = ٠ وتکرار
حال سکونه رجوعنده س = ٠ اولمغله مس′ — مس = ٠ ∴ مس′ = مس
اولمش اولور .

٢٠٣ — سرعت عادیه — ماکنه‌نك حرکتی متساویه
اولدیغی زمان سرعت عادیه‌سنی حائز اوله‌جغی (§ ٢٠٢) ده بیان
اولنمش اولوب انجق غلبه اولنمسی لازمکلان مقاومتلر پك متحول
اولدقلرندن بو نتیجه‌نك استحصالی اکثریتله غیر ممکن اولور .
حالبوکه سرعتك بردنبره دکیشمسی مصادمه‌یی وبوجهتله آتیده
کوریله‌جکی کبی ایشك ضیاعنی مستلزم بولندیغندن ممکن اوله‌بیلدیکی
قدر بو حاله تقرب ایله سرعتك تحولاتنی منع ایچون — قوت
عن المرکزلی ناظم — وپروانه استعمال اولنور .

٢٠٤ — قوت عن المرکزلی ناظم — علی العاده ناظملر
مثلا بخارك سیلندیره ادخالنی ویاخود برصو چرخنی دوران
ایتدیرن صویك مقدارینی تنظیم ایله قوهٔ محرکه‌نك شدتنی تعدیله
مخصوص آلتلردر .
بونلردن الك مستعمل اولانی واطك بخار ماکنه‌سنه تطبیقی ایچون
تعدیل ایتدیکی قوت عن المرکزلی ناظمدن عبارتدر . بو آلت
(شکل ١٣١) ماکنه‌نك محوری واسطه‌سیله برحرکت دورانیه
اعطا اولنان شاقولی بر ںح چبوغیله ں نقطه‌سنده مفصللی
اوله‌رق ایکی م،م′ جسم تقیللرینك ربط اولندیغی ںی و ںل
قوللرندن ترکب ایدر .

ء و ل نقطه‌لرنده مفصللی دیکر ایکی ءط , ل‌ف قوللری ب‌ح امتدادنجه متحرك بربیله‌زیکه مربوط بولنوب بوبیسله‌زیك دخی دیکر نهایتی صویك کلدیکی صو اغی سد ویا بخاری اداره ایدن دیرسکلی ت‌ه‌ح مانوله‌سنی حرکت ایتدیرر اکر حرکت سریع اولور ایسه محورك حرکت دورانیه‌سنه اشتراك ایدن م , مَ

شکل ۱۳۱

کله‌لری محوردن تباعد وبوجهتله بیله‌زیك صعود ایدرك دیرسکلی مانوله صو ویا بخار مجراسنی سد ایدر حرکت بطائت کسب ایدر ایسه ناظم عکسی عمل اجرا ایدر .

۲۰۵ —. پروانه‌لر —. جوهرلری زیاده وبالخاصه محیطه طوغری صورت متساویه‌ده توزیع اولنمش بیوك نصف قطرده چرخلردن عبارتدر . ماکنه حرکت حالنده کچدیکی زمان

پروانه مقـدار كلى ايش بلع ايدرك سرعت عاديه‌يه واصـل اولنجه‌يه دكين سرعتـك تزايدينى آغرلشـديرر بعده مقاومت تزايدايدر ايسه‌پروانه حائزاولديغى‌قوت‌زنده‌نك برقسمنى‌ترك‌ايدوب جوهرينك زياده بولنمسندنطولايى ماكنه‌نك سرعتى حس‌اولنميه‌جق طرزده تناقص ايدر . بوصورتده پروانه برنوع ايش خزينـه‌سى مقامنده اولوب فضله اولان ايشى بلع وماكنه‌نك سرعتى تخفيف ايتديكى كبى قوۀ محركه ازالوبده مقاومت تزايد ايتـديكى زمان ايشـندن برمقدارينى ترك وسرعتك بردنبره آغرلشمسـنه مانع اولور . نقطۀ وفاتلره غلبـه ايتمك ايچون قول ايله چويره‌جكك استعمالنده پروانه‌نك الزم اولديغى ولوقوموتيوده استعمالنه لزوم بولنمديغى (§ ٤٦) ده بيان اولنـدى. ~~مقاومتك تحولاتى معلوم اولديغى حالده سرعت برحد معلومى ومثلا سرعت عاديه‌نك نه جزئى تجاوز ايتميه‌جك وجهله پروانه‌نك ابعادى تعيين اولنه‌بيلور.~~ پروانه‌لرده يالكز كنـدى مويلولرينـك يتاقلرينـه اولان دلك واحتكاكندنطولايى غير نافع ايشى ايچه تزييد ايتملرى محذورى موجوددر .

٢٠٦ —. نافع ايش . برماكنه‌نك حاصلاتى —. (§ ٢٠١) $س_م$ مقاومت ايشى $س_ف$ و $س_ع$ نافع وغير نافع ايشلر مجموعنـدن عبارت اولوب بوسـببدن $س_م = س_ف + س_ع$ وياخود (§ ٢٠٢) $س_م = س_م$ اولديغندن ∴ $س_م = س_ف + س_ع$ اولور غيرنافع ايش نقدر آز اولور ايسه نافع ايش محرك ايشك اولقدر بيـوك برقسمى اوله‌جغندن ماكنه دخى اولقدر مكمل اولمش اولور نافع ايشك محرك ايشه نسبتنه يعنى $\frac{س_ف}{س_م}$ افاده‌سنه ماكنه‌نك حاصـلاتى ياخود

اثر نافع امثالی دینلور غیرنافع ایشلری صفر قلمق ممکن اولمدیغندن حاصلات دائما واحددن کوچك اولوب والك اعلا ما کنه‌لرده ۰,۷۵ عددینی تجاوز ایتمز بوتقدیرجه مقاومت غیر نافعه‌یی ممکن اولدیغی درجه‌ده تقلیل ایتمك ایجاب ایدوب بونك ایچون حرکتده بولنان قسملرك عددینی تنقیص وتماسده بولنان پارچه‌لری برداخلیه‌رق وسطحلرینه طلا اولان یاغی حسن حالده محافظه ایدرك دلکی تقلیل وپارچه‌لرده‌کی اویناقلقلری ازالته‌رق اهتزازاتی ممکن اولدیغی قدر تصغیر ایتمك وسائره‌یه‌دخی دقت ایلمك ایجاب ایدر ایسه‌ده بواحتیاطلرك کافه‌سیله مقاومت غیر نافعه وبوجهتله ضایع اولان ایشلر کاملاً ازاله ایدیله‌میه‌رك یالکز تنقیص ایدلمش اولور. بوصورتده برما کنه فضله ایش حاصل ایده‌میوب یالکز محرکك حاصل ایتدیکی ایشك برقسمنی اعاده ایده‌بیلور .

۲۰۷ —. حرکت دائمه‌نك عدم امکانی —. حرکت دائمه‌دن مقصد تأثیری یالکز محدود برزمان دوام ایده‌جك برمحرك اعانه‌سیله دائما اثر نافع حاصل ایتمك اوزره نامتناهی ایشلیه‌جك برما کنه بولمق دیمك اولوب حالبوکه براثر نافع حاصل ایتدیکی حالده بیله محرکك اثر محدودینك ما کنه‌یه نامتناهی دوام ایده‌جك برحرکت اعطا ایده‌بیلمسی غیر ممکن اولور . فی‌الحقیقه (§۲۰۲) م = ر وبوجهتله قوهٔ محرکه م ومقاومت ر وبونلرك نقطهٔ تطبیقلرینك قطع ایتدکلرینی مسافه‌لر ف و ف اولسه م×ف = ر×ف اولور .

بومعادله‌نك طرف اولنك مضروبلرندن هرایکیسیده محدود وعمومیتله اصغر بولندیغندن حاصل ضربلری محدود اولوب

بوجهتله طرف ثانيسى نامتناهى اوله‌مز . بوصورتده ق مقاومتى نقدر اصغر اولور ايسه اولسون صفر اولمديغندن ف دخى محدود بولنور ماكنه براثر نافع حاصل ايده‌جكى زمان ايسه ف نك كذلك محدود اوله‌جغى دركاردر.

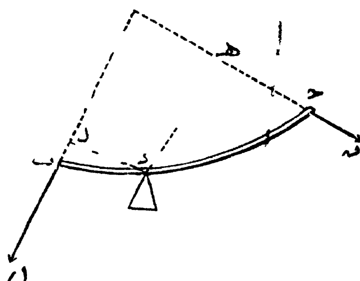
ايشك انتقالى اساسنك تحقيقى

۲۰۸ — برماكنه محركك ايشنى نقل ايدوب و (§ ۲۰۲) بردور حركت اثناسنده محرك ايش مقاومت ايشنه مساوى بولنوركه بوكا ايشك انتقالى اساسى تسميه اولنور . بواساس ايكى قوتك تحت تأثيرنده حركت متساويه حالنده بولنان آلات بسيطه‌ده بالسهوله تحقيق اولنه‌بيلور اول امرده حركت متساويه اولديغندن ق و ك قوتلرينك موازنت حاصل ايتملرى ايجاب ايدر چونكه موازنت حاصل ايتمدكلرى حالده ماكنه‌يه برحركت متحوله اعطا ايده‌جك برحاصله‌لرى بولنمق لازمكلور . ايشته مذكور قوتلرك حال موازنتنده عطالتدنطولايى ماكنه حركت ايدر اساس مذكورك يالكز مانوله حقنده تحقيقيله اكتفا اولنوركه آلات سائره حقنده دخى اشبو تحقيق بالسهوله اجرا اولنه‌بيلور .

۲۰۹ — ق و ك قوتلرينك تحت تأثيرنده (شكل ۱۳۲) ب د ه مانوله‌سى ملاحظه اولنوب بوقوتلر مانوله قوللرى نهايتلرندن عموداً تأثير ايدرك حركت حالنده موازنت باقى قالور

اكر هول نقطه‌لرينك قطع ايتديكی قوسلر م و ﻫ اولسه ﻫ قوتنك ايشـی (§ ١٩٢) ﻫ م و ك قوتنك ك ﻫ اولور ايمدی ﻫ و ك

(شكل ١٣٢)



قوتلری موازنتده بولندقلرندن (§ ١٤٦) ك / ﻫ = ل / د اولوب ديكر طرفدن م و ﻫ قوسلری مشابه و بوجهتله طوللری نصف قطرلری نسبتنده اولديغندن ﻫ / م = ل / د اولمغله بوصورتده ك / ﻫ = ﻫ / م ياخود ﻫ م = ك ﻫ يعنی محرك ايش مقاومت ايشنه مسـاوی بولنمش اولور ،

٢١٠ —. قوتدن قزانيلان سرعتدن ضايع اولديغی — بوده ايشك انتقالی اساسنك نتيجه‌سيدر معلوم برمحرك ايشی كنديسنه مسـاوی مقاومت ايشنه متناظر بولنديغندن بو نهايتكی ايشـك حاوی اولديغی ايكی مضروبندن بری تزايد ايدنجـه ديكرينـك تناقصی لازمكلور مثلا غلبه اولنه‌جق مقاومت زياده ايسه مقاومتك قطع ايده‌جكی مسافه اصغر وبالعكس مسـافه‌نك اعظم اولمسـی استنيلور ايسه غلبه اولنه‌جق قوت اصغر بولنمق ايجـاب ايتمكله

قوتدن قزانیــلان مســافه‌دن یاخود سرعتــدن غائب اولدیغی کوریلور .

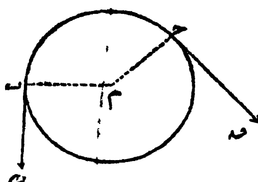
آلات بسیطه‌نك موازنتی

حرکت متساویه حالنده‌کی ماکنه‌لرده محرك ومقاومت ایشلرینك بربرینه مساوی بولنمسی اساسی آلات بسیطه‌نك موازنتی شرائطنی استحصال ایتمك ایچون غایت سهولتلو برواسطه اولور .

۲۱۱ —— مانوله‌نك موازنتی —— (شکل ۱۳۲) ب ح ى مانوله‌سی ه و ك قــوتلرینك تحت تأثیرنده حرکت متســاویه حالنده بولندیغی حالده (§ ۲۰۸) بوقوتلر موازنت حاصل ایدرلر . حرکت حالنــده بوقوتلرك مانوله قوللرینك نهایتلرندن دائما عمود قالدقلری فرض اولنه‌رق ه و ل نقطه‌لرینك قطع ایتدیکی قوسلر م و ق ایله اشعار اولندقده ایش معادله‌سی ه م = ك ق دن عبارت اولوب بورادن $\frac{ه}{ك} = \frac{ق}{م}$ اولور لکن $\frac{ق}{م} = \frac{ى ل}{ى ه}$ اولدیغندن $\frac{ه}{ك} = \frac{ى ل}{ى ه}$ یعنی قوت ایله مقاومت مانوله قوللریله معکوساً متناســب بولنمق لازمکلورکه بوده مانوله‌نك (§ ۱٤٦) موازنت شرطندن عبارتدر .

۲۱۲ —— ثابت ومتحرك مقره‌نك موازنتی —— (شکل ۱۳۳) ب وح

(شکل ۱۳۳)



نقطه‌لرینك قطع ایلدیکی مسافه‌لر بربرینه مساوی بولندیغندن ایش معادله‌سی ه م = ك م ∴ ه = ك اولورکه بوده (§ ۱٦٥) ثابت مقره‌نك موازنت

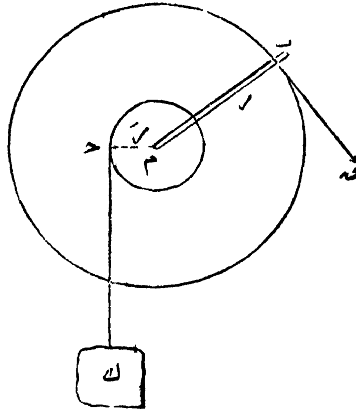
شرطیدر . متحرك مقره‌ده (شکل ۱۳۴) اڭ زیاده بسیط وعملیاتده مستعمل
اولان حال ایپلرك موازاتی اولوب بو حالده مقره وبو جهتله یوكك ترفع ایده‌جكی
مسافه م مَ اولسه ایپلردن هربری م مَ قدر قیصه‌له‌جغندن قوتك ۲ م مَ قدر
ترفع ایتمسی لازمكلور . بو صورتده ه × م = ك ﻫ ایش معادله‌سی م = ۲ ﻫ
وبو سببدن ه × ۲ ﻫ = ك × ﻫ ∴ ه/ك = ۱/۲ اولورکه بوده (§ ۱۶۹)
ایپلری موازی متحرك مقره‌نك موازنتی شرطندن عبارتدر .

شکل ۱۳۴

۲۱۳ . — چیقریغك موازنتی — . (شکل ۱۳۵) ه و ك قوتلری نصف
قطرلری ر و رَ اولان دائره‌لرك محیطلرینه مماساً تأثیر ایدوب بو جهتله
(§ ۱۹۲) س/ه = ه . ۲ π ر و من/ك = ك × ۲ π رَ اوله‌رق ایش
معادله‌سی ه . ۲ π ر = ك . ۲ π رَ ∴ ه/ك = رَ/ر اولورکه بوده (§ ۱۷۲)
چیقریغك موازنت شرطیدر .

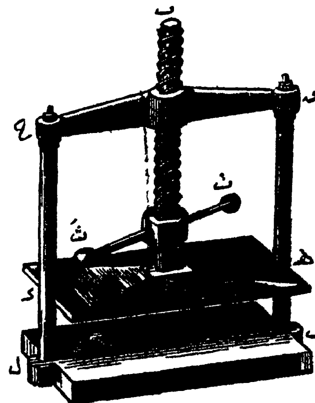
۲۱۴ — . سطح مائلده موازنت — . سطح مائلك امتدادنجه (شکل ۱۲۵)
جسمك قطع ایتدیکی مسافه ل اولسه (§ ۱۸۹) ه قوتنك ایشی ه بحسب ح
× ل ومقاومتك ایشی ل × ك بحسب ك ث ف = ل . ك حسب ب اولمغله ایش
معادله‌سی ه ل بحسب ح = ك ل حسب ب ∴ ه/ك = حسب ب / بحسب ح اولورکه (§ ۱۸۳)
سطح مائلك موازنت شرطیدر .

شکل ١٣٥



٢١٥ —— ویده‌نك موازنتی — ویده (§ ٥٢) یالکز آلات دقیقه وصحیحه ده استعمال اولنمیوب زیاده برقوت احداثنه لزوم کورلدیکی زمان دخی قوللانیلور (شکل ١٣٦). (§ ٥٣) ده اولدیغی کبی قوت ٢ π ل

شکل ١٣٦

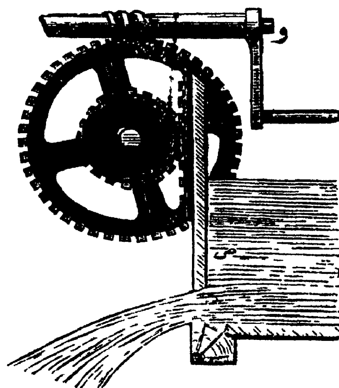


مسافه‌سنی قطع ایتدیکی زمان مقاومت ح مسافه‌سنی قطع ایدوب بوجهتله ایش معادله‌سی ﻫ ۲ ‎π‎ ل = ك . ح ∴ $\frac{ق}{ك} = \frac{ح}{۲\pi ل}$ یعنی بر ویده موازنتده اولدیغی زمان قوتك مقاومتـه نسبتی ویده خطوه‌سنك قوتك رسم ایلدیکی محیط دائره‌یه نسبتی کبی اولور . علی‌العاده خـطوه قوتك رسم ایلدیکی محیط دائره‌یه نسبتله پك اصغر بولندیغندن بیوك برمقاومتله آز برقوتك موازنت حاصل ایتمسی ممکن اولور .

کذلك) شـکل ۳۸) تفـاضلی ویده‌ده قوتك قطع ایلدیکی مسـافه ۲ ‎π‎ ل ومقاومتك ح —ح َ اولوب ﻫ ۲ ‎π‎ ل = ك (ح —ح َ) ایش معادله‌سندن $\frac{ق}{ك} = \frac{ح - ح'}{۲\pi ل}$ موازنت شرطی استحصال اولنور .

۲۱۶ — نهایتسز ویده‌نك موازنتی . (شکل ۱۳۷) قوتك ومقاومتك قطع ایتدیکی مسافه‌لر (۵۷§) ۲ ‎π‎ ل و $\frac{ح \times ر'}{ر}$ اولمغله ﻫ ۲ ‎π‎ ل = ك . $\frac{ح \times ر'}{ر}$ ایش معادله‌سندن $\frac{ق}{ك} = \frac{ح ر'}{۲\pi ل ر}$ موازنت شرطی تعیین اولنور .

شکل ۱۳۷



صورتك مضروبلری مخرجه نسبتله عموميتله پك اصغر بولندقلرندن بوماكنه از قوتله زياده براثر حاصل ايده‌بيلور ٠

§ ٣ مقامت غير نافعه

دلك واحتكاك

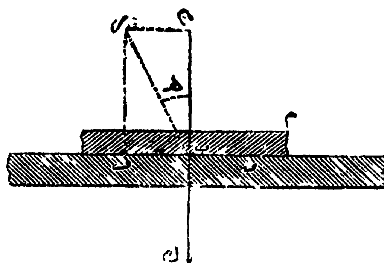
٢١٧ —٠ برجسمی برسطح افقی اوزرنده قايديرمق ايچون هرقنغی شدتده برقوته احتياج حاصل اولوب دها كوچك برقوتك تحت تأثيرنده جسمك حركت ايتمديكنی تجربه اثبات ايدر ٠ بوحالده جسم كندی وزنيله برده كنديسنی حركت ايتديرمكه ساعی اولان قوتك تحت تأثيرنده بولنوب بوايكی قوتك حاصله‌سی مستوی‌يه مائل اوله‌رق انجق مستوينك عكس التأثيريله ابطال اولنه بيله جكندن اشبو عكس التأثيرك دخی مستوی‌يه مائل اولمسی ايجاب ايدر ٠ بوعكس التأثير بری سطحه ناظم ديكری مماس ايكی مركبه تحليل اولندقده برنجيسی جسمك وزنيله موازنت حاصل ايدرك حركته هيچ برمقاومت ارائه ايتميوب بوجهتله جسمی حركت حالنه كچورمك ايچون يالكز ايكنجی قوته غلبه ايتمك اقتضا ايدر جسم حركته باشلامق اوزره بولنديغی زمان اشبو عكس التأثير مماسی‌يه حركته بدأ اثناسنده — دلك ويا احتكاك — تسميه اولنور ٠ عينی وجهله برسرعت مكتسبه‌دن طولايی برجسم برسطح افقی اوزرنده حركت ايتديكی زمان متحرك سكونه واصل اولنجه‌يه دكين حركتی دائما اغرلشوب بوصورتده جسمك حائز اولديغی قوت زنده‌يی ابطال ايچون

حرکتك عکسی جهتنه متوجه برقوتك وجودی اقتضا ایدرکه سطحه مماس اولان اشبو قوته — حرکت حالنده دلك — تعبیر اولنور .

دلك قوتی جسمك حرکت حالنه کچورلمسنه سعی اولنمدیغی زمان موجود اولمامق وبرقوت جسمی تحریکه ساعی بولندیغی حالده ظهور ایتمك کبی خصوصیتی حائز اولوب جسم حرکت ایدنجه‌یه قدر قوت ایله برابر تزاید وحرکت حالنه کچدیکی زمان قوته مساوی اولور . علی العاده حرکت حالنده ثابت قالمق اوزره جسم حرکته باشلادیغی آنده برمقدار تناقص ایدر . دلك قوتی دائما حرکتك عکسی جهتنه متوجه بولنور .

۲۱۸ —— زاویهٔ دلك . (شکل ۱۳۸) افقی برتره‌بزه اوزرینه موضوع بر م جسمی یالکز ك وزننك تحت تأثیرنده ایسه تره‌بزه‌نك ؟ عکس التأثیری ك قوتنه مسوی وطوغریدن‌ا طوغری‌یه مقابل بولنور لکن

شکل ۱۳۸



بوجسم حرکته باشلامقسزین تزاید ایده‌مامك اوزره جسمه بر ه قوتی تطبیق اولنور ایسه بوقوت ف دلك قوتنه مساوی اولور . بوحالده

جسم م و ك قوتلريله ترەبزەنك ر عكس التأثيرينك تحت تأثيرندە بولنوب بوقوتلرك جسمك مركز ثقلتی شاقولنك جسمك سطح تحتانيسيله تلاقی ايتديكی ب نقطەسنە تطبيق اولندقلری فرض اولنەبيلور . جسم موازنتدە بولنديغندن ر عكس التأثيرينك م و ك قوتلرينك حاصلەسنە مساوی ومقابل بولنمسی ايجاب ايدوب بوعكس التأثيرك شاقول ايلە احداث ايلديكی ه زاويەسنە زاويۀ دلك تسميە اولنور .

امثال دلك — . دلك قوتنك جسمك سطح اوزرينە ناظماً اولان تضييقنە نسبتنە امثال دلك دينلور بوامثال ط ايلە اشعار اولندقدە ط = ف/م = ق/ك اولور . ايمدی ر ب د مثلث قائم الزاويەسندن ب د/ر ب = ف/م = مماس ه اولمغلە بوصورتدە : ط = مماس ه اولوب يعنی امثال دلك زاويۀ دلكك مماسنە مساوی بولنمش اولور .

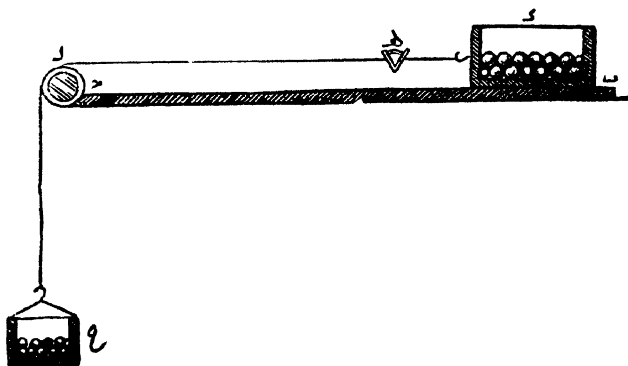
دلكك بالتجربە مطالعەسی

٢١٩ — . حركتە شروع اثناسندە دلك — . قوانينی قولومب طرفندن بولنمش اولوب مورن طرفندن دخی دها صحيح اصوللر ايلە تجربە وتكرار اولنمشدر .

(شكل ١٣٩) تماميلە مستوی ميشەدن بر ب ح ترەبزەسی اوزان معلومەيی حاوی ء صنديغنی حامل اولوب بر ه ديناموترەسنە مربوط برايپ ل مقرەسنك بوغازندن كچەرك ح كفەسنی حامل بولنور . صندق حركتە شروع ايدنجەيە دكين بوكفەيە تدريجاً وزنلر وضع اولنوب ديناموترەنك كوستر ديكی ايبك كرلمسی مقداری تعيين اولنور . اشبو كرلمە ف دلك قوتنە مساوی اولوب ف نك صنديغك ترەبزە اوزرينە اولان ك تضييق شاقوليسنە نسبتی حركتە شروع آننـدە امثال دلكی اعطا ايدر صنديغك يوكی دكيشديريلەرك وترەبزەنك يوزيلە

صندیغك قسم تحتانیسی بشقه سطحلر ایله تشکیل اولنه‌رق استنیلان تجربه اجرا اولنه‌بیلور .

شکل ١٣٩



٢٢٠ ـــ. حرکت اثناسنده دلك ـــ ل مقره‌سنه ربط اولنان برمشعر آلتی اعانه‌سیله مورن صندیغك حرکتنك متزایدهٔ منتظمه اولدیغنی مشاهده ایدوب بوصورتده اشبو حرکت (§ ٦٣) برقوت ثابته ایله استحصال اولنمش اولور . حرکتی حاصل ایدن بوقوت بالطبع ایپك ت کرلمه‌سیله ف قوهٔ احتکاکیه‌سی بیننده‌کی تفاوتدن عبارتدر اثنای حرکتده دینامومتره ت نك ثابت قالدیغنی ارائه ایتدیکی کبی ت ـــ ف دخی ثابت اولدیغندن ف دخی ثابت قالوب قوهٔ احتکاکیه‌نك سرعته تابع بولنمدیغی نمایان اولور .

ف نك قیمتنی حساب ایتمك ایچون صندیغك ه زماننده قطع ایتدیکی ل مسافه‌سی دقتله مساحه اولنوب ح کفه‌سیله یوکنك

وزنی ه وصندیغك یوکیله برابر وزنی ك ایله اشعار اولندقده ه — فَ قوتی ه+ك/ث [ث ثقلتك مقدار تعجیلی] جوهرینه برحرکت متزایدهٔ منتظمه اعطا ایدوب بوجهتله بوحرکتك مقدار تعجیلی ح ایله کوسترلدکده : (§ ٦٩) ه — فَ = ه+ك/ث × ح وحالبوکه (§ ١٣ , ٢ْ) ل = ح د٢/٢ وبورادن ح = ٢ل/د٢ اولدیغندن ه — فَ = ه+ك/ث × ٢ل/د٢ ∴ فَ = ه — ه+ك/ث . ٢ل/د٢ اولور فَ نك بولنان اشبو قیمتی لك ایله تقسیم اولنەرق اثنای حرکتده کَط لمثال دلکی تعیین اولنمش اولور .

٢٢١ —. دلك قوانینی —. (قولومب وموورن) لك تجربسی قوانین آتیەیی اعطا ایدر .

(١)° دلك تضییق ناظمی ایله متناسبدر .

(٢)° دلك تماسده بولنان سطحلرك جنس وطبیعتنه تابعدر .

(٣)° حرکتك سرعتنه غیر تابعدر .

(٤)° تماس سطحلرینك وسعتنه غیر تابعدر .

(٥)° قابل تضییق جسملرده برمدت تماسدنصکره حرکت اثناسندەکی دلکه نسبتله حرکته شروع آننده‌کی دلك دها بیوکدر . سرت جسملرده بوتفاوت همان حس اولنمیه‌جق درجه‌ده‌در .

٢٢٢ —. تنبیه ١ — قوهٔ احتکاکیه سرعتـه غیر تابع ایسه‌ده دلك واسطه‌سیله بلع اولنان ایش بو وجهله دکلدر . تضییق ناظمی ه، جسمك سرعتی س، امثال دلك ط اولسه

برثانیه‌ده دلکك ایشی ن ط × س اولوب سرعته تابع بولنور .
٣ — اوچنجی قانون مورن طرفندن ثانیه‌ده نهایت ٤ متره‌یه قدر محدود سرعتلر ایله تحقیق اولنمش ایسه‌ده تجارب اخیره‌دن سرعتك ثانیه‌ده ٢٠ متره‌یه وصولی حالنده سرعت تزاید ایتدکجه دلکك حس اولنمیه‌جق درجه‌ده تناقص ایتدیکی مستبان اولمشدر .

٢٢٣ —. مویلولرك دلکی —. مویلولرك یتاقلری اوزرینه اولان دلکی سطوح مستویه بیننده‌کی دلکك عینیدر آلتك متانتنه حلل کلمامك شرطیله مویلولر نصف قطرلرینك اصغر اولمسی فائده‌لی اولدیغی بروجه آتی کوریلور . مویلو نصف قطری ر ویتاقلره اجرا ایتدکاری تضییق ناظمی ن امثال دلك ط ثانیه‌ده عدد دور ۞ ایله اشعار اولندقده قوهٔ احتکاکیه ن ط وبوقوتك ثانیه‌ده قطع ایتدیکی مسافه ٢ π ر ۞ اولمغله بلع اولنان ایش ش = ٢ π ط ۞ ر ن اولور بو صورتده ایشك ر نصف قطریله برابر تزاید ایتدیکی کوریلوب بونك ایچون نصف قطرلرك اصغر اولمسی فائده‌لی اولور لکن بلا محذور مویلولرك طوللری تزیید اولنه‌بیلور چونکه دلك تماس سطحلرینك وسعتنه غیر تابعدر .

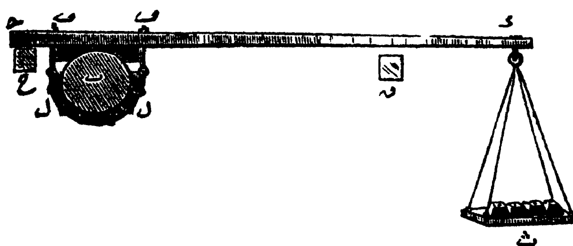
٢٢٤ —. طلا —. مناسب ماده ایله طلا اولنمغله دلکك فوق العاده تناقص ایتدیکی تجربه‌دن مستبان اولور .
مثلا تیمورك طونج اوزرنده امثال دلکی ٠,٢٥ اولوب دائما تجدید اولنمق اوزره یاغ طلا اولنمغله امثال مذکور ٠,٠٣ مقدارینه تنزل ایدر . بوتقدیرجه تماس سطحلرینی یکدیکری اوزرندن

قایدیرمق وسائطنه تشبث ایتمك اساس واهم اولوب بورادن متنوع یاغدانلق آلتلرینك اهمیتی ظاهر اولور . تماس سطحلری آره‌سنده محافظه اولنه‌بیلدیکی حالده هوا یك اعلا طلادن عبارتدر . صو زیاده سهولتله دفع اولنمامش اولسه یاغه نسبتله دها اعلا اولوب اکثریتله دلك ایله پارچه‌لرك تسخین اولنمسنه مانع اولنمق ایچون استعمال اولنورکه بوحالده صابون صویی دها مرجحدر .

٢٢٥ —۰ دلکك تطبیقاتی . دلك مقاومت غیرنافعه‌دن اولوب قوهٔ محرکه‌نك برقسمنی فائده‌سز اوله‌رق بلع ایدر مع هذا احوال مختلفه‌ده فائده‌لی اولوب (§ ٥٨) انسان وحیوان ولو قوموتیولرك حرکتی دلك واسطه‌سیله اولدیغی کبی چیوی ویا ویده اعانه‌سیله مربوط جسملرك آیرلماملری وقایش ایله تحویل حرکاتك ممکن اولمسی وخفیفجه میللی مستویلر اوزرینه موضوع جسملرك قایماملری ینه دلك ایله اولور . عربه فرنلری ویده‌یی حاوی برمانوله واسطه‌سیله تکرلکلره تضییق اولنه‌بیلان اخشاب پارچه‌لردن عبارت اولوب بوصورتله حاصل اولان دلك محرك ایشك برقسمنی بلع ایدرك حرکتی آغرلشدیرر .

٢٢٦ —۰ پرونینك فرن دینامومتریکی . برفابریقه‌نك محرك اغاجنك ویردیکی ایشی اولچمك ایچون پرونی دلکی غایت صنعتلی صورتده قوللانه بیلمشدر . (شکل ١٤٠) اشبو فرن بر ث کفه‌سی تعلیق اولنان ب ح چبوغندن ترکب ایدوب بوچبوق ف ف ویده‌لریله استنلدیکی کبی صقیشدیریله‌بیلان اخشاب ف ل ل ف بیله‌زیکی واسطه‌سیله محرك اغاجی احاطه ایدر . ح و ه پارچه‌لری

(شكل ١٤٠)



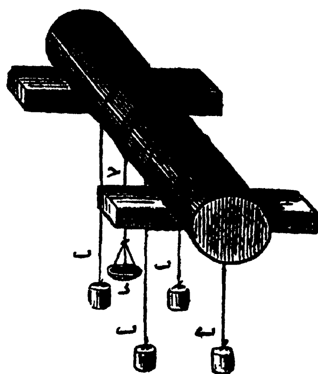
اغاجك دوراندنطولايي مانولەنك حركتنه مانع اولورلر . ايشى اولچمك ايچون ماكنەلرك تحويل حركاتى حذف اولنوب اغاج ينه سرعت عاديەسنى اخذ ايدنجەيه دكين بيلەزيك صيقشديرلدقدن صكره مانوله افقى طورنجەيه دكين كفەيه وزنلر قونيلور بوصورتده دلك اغاجك ماكنەلره ويرديكى ايشى بلع ايتمش اولور .

قوهٔ احتكاكيه ر اغاجك نصف قطرى ر ثانيەده عدد دورى ن ايله اشعار اولندقده داكك ايشى ..... = ر × ٢ π ر × ن اولور مانوله افقى اولديغى زمان ث وزنلرى و ر قوهٔ احتكاكيەسى موازنت حاصل ايدوب ل و ر مانولەقوللرينك نهايتلرندن تأثير ايتدكلرى ملاحظه اولندقده (§ ١٤٥) ر × ر = ث × ل اولەرق ايش افادەسنده ر ر يرينه ث ل وضع اولندقده ..... = ث ل × ٢ π × ن اولوركه بو دستوره داخل اولان كافهٔ مقادير اولچيلەبيلور . آلتك وزنى دخى داخل حساب اولنمش اولمق ايچون ح محلنه مانوله ثقلتك تحت تأثيرنده موازنت حاصل ايده جك وجهله برخلاف ثقلت وضع اولنه بيلور

وياخود چبوغك ء اوجى بر ديناموءترهيه تعليق اولنـوب ث
كفهسنده آلتك وزنيله موازنت حاصـل ايدهجك وزنلر وضع
اولندقدنصكره بعده كفهيه قونيلهجق وزنلر علاوه اولنور .

٢٢٧ —• يوارلنمه حالنده دلك —• برمستوىء افقى اوزرنده
براسطوانهيى يوارلاق ويا حركت متساويهسنى محافظه ايدهبيـلمك
ايچون هرقنغى برقوت اقتضا ايتديكندن سـطح يوارلنمهيه دخى
برمقاومت اظهار ايتمش اولوركه بومقاومته يوارلنمه حالنـده دلك
وياخود ايكنجى نوعدن دلك تسميه اولنور .
(شكل ١٤١) براسطوانهغايت افقى طبان كيريشـلرى اوزرينـه
وضع واوزرينه لچوريلان ايپلرك نهايتلرينه اوزان متساويه ربط

(شكل ١٤١)



اولنهرق ايجابنه كوره يوكى تزييد اولندقده متعدد دفعه اسطوانهيى
صاريلان بر ح ايپنه تعليق اولنان ء كفهسنه موضوع وزنلر ايله
اسطوانه حركت ايتديريلهبيلوب بوتجربهلردن قوانين آتيه ظاهر
اولور .

۲۲۸ —. یوارلنمه حالنده دلك قوانینی —. (۱)° یوارلنمه‌یه مقاومت تضییق ایله متناسبدر (۲)° یوارلنان اسطوانه‌لرك نصف قطرلریله معکوساً متناسبدر . یوارلنمه‌یه اولان مقاومت r، یوارلنمه دلکنك امثالی گط اسطوانه یوکی p ونصف قطری گه ایله اشعار اولندقده $r =$ گط $\frac{p}{R}$ اولمش اولور . یوارلنمه امثال دلکی قایمه امثال دلکنه نسبتله پك اصغر اولوب بوسببه مبنی قایمه یرینه یوارلنمه وضع واقامه ایتمك تحری اولنور . قزاق یرینه عربه‌لرك قوللانیلمسی کبی قایمه ویوارلنمه حالنده سطحلرك حالنه نظراً امثال وزاویهٔ دلکی محتوی جدول آتی اعطا اولنمشدر .



امثال دلك

قایمه دلکی					
تماسده بولنان سطحلرك جنسی	سطحلرك حالی	حرکت شروع آننده		حرکت اثنا سنده	
		ط	هـ	طَ	هَ
میشه نك میشه اوزرنده	طلاسز	٠,٦٢	°٣١,٤٨	٠,٤٨	°٣٥,٣٩
»	صو ایله اصلانمش	٠,٧١	٣٥,٢٣	٠,٢٥	١٤, ٣
»	قوری صابونله طلا	٠,٤٤	٢٣,٤٥	٠,١٦	٩, ٦
»	ایچ یاغیله طلا	٠,١٩	١٠,٤٦	٠,٧	٤,٣٥
تیمورك میشه اوزرنده	طلاسز	٠,٦٢	٣١,٤٨	٠,٦٢	٣١,٤٨
	صو ایله اصلانمش	٠,٦٥	٣٣,٢	٠,٢٦	١٤,٣٥
»	ایچ یاغیله طلا	٠,١٢	٦,٥١	٠,٠٨	٤,٤٠
»	طلاسز	٠,٢٨	١٥,٣٩	٠,٥٦	٢٩,١٥
مشین قایش تیمور مقره اوزرنده	صو ایله اصلانمش	٠,٣٨	٢٠,٤٩	٠,٣٦	١٩,٤٨
	طلا سز	٠,١٩	١٠,٤٦	٠,٢٠	١١,١٩
»	اریدلمش یاغ	٠,١٠	٦,٠	٠,٠٩	٤,٥٠
»	زیتون یاغی	٠,١٢	٦,٥١	٠,٠٧	٤,٣٥

مویلولرك یتاقلری اوزرینه دلکی			یوارلنمه حالنده دلك	
تماسده کی سطحلر	سطحلرك حالی	طَ	تیمور صارغی ایله عربه‌لرك افقی شوسه اوزرنده یوارلنمه‌لری	طً
				٠,٠٠١٢
فونتك فونت اوزرنده	طلا سز	٠,١٤	یکی چاقل دوشنمش یول	٠,٠٦٣٤
»	اریدلمش یاغ ایله طلا	٠,٠٨	عادی	٠,٠٤١٤
فونتك طونج اوزرنده	طلاسز	٠,١٩	قالدیرملی	٠,٠٢٣٨
»	یاغ ایله طلا	٠,٠٧	حسن حالده محافظه اولنان طاش	٠,٠١٥٠
تیمورك طونج اوزرنده	طلا سز	٠,٢٥	میشه طبان اوزرنده	٠,٠١٠٢
»	صو ایله اصلانمش	٠,١٩	تیمور صارغی اوزرنده	٠,٠٠٣٥
»	طون یاغی	٠,٠٩	رایلر اوزرنده	٠,٠٠١٢
»	اریدلمش یاغ	٠,٠٧		
»	دائما تجدید اولنان یاغ	٠,٠٣		

ذیروح محرکلرک صورت استخدامی	مدت	وزن	سرعت	آنی قدرت	یومی قدرت
خفیف میل ویا نردباندن یوکسز چیقان بر آدمک	ساعت	کیلوغرام	متره	کیلوغرا	متره
وجود ینك ثقلتنی ترفیع ایتمکده نطولانی ایش	۸	٦٥	۰,۱٥	۹,۷٥	۴۳۰۸۰۰
برعمله برمقره واسطه سیله بریوکی ترفیع ایتمسی حالنده	٦	۱۸	۰,۲۰	۳,٦	۷۷۷٦۰
برعمله نك الیله بریوکی ترفیع ایتمسنده	٦	۲۰	۰,۱۷	۳,٤	۷۳٤۷۰
خفیف میل ویا نردباندن یوك ارقه سنده اولدیغی حالده صعود وبوش اوله رق ایندیکی حالده	٦	٦٥	۰,۰٤	۲,٦	٥٦۱٦۰
$\frac{۱}{۱۲}$ میلنده ال عربه سیله مالزمه نك ترفیعی حالنده	۱۰	٦۰	۰,۰۲	۱,۲	٤۳۲۰۰
۱,٦۰ متره ارتفاع وسطی یه قازمه ایله ترابك آتلمه سنده	۱۰	۲,۷	۰,٤۰	۱,۰۸	۳۳۸۰۰
برعمله محورحذاسندن چیویلی چرخه تأثیرنده	۸	٦۰	۰,۱٥	۹	٥۹۲۰۰
اشاغیدن چرخ مذکوره تأثیرنده	۸	۱۲	۰,۷۰	۸,٤	٥۱۱۲۰
برمانوله یی چویردیکی حالده	۸	۸	۰,۷٥	٦	۷۲۸۰۰
بربارکیرعربه یه قوشولی اوله رق عادی خطوه ایله	۱۰	۷۰	۰,۹۰	٦۳	۱٦۸۰۰۰
« « « « سرعتلی خطوه ایله	٤,٥	٤٤	۲,۲۰	٤٦,۸	٥٦۸۱٦۰
بربارکیر مانژه قوشولی اوله رق عادی خطوه ایله	۸	٤٥	۰,۹۰	٤۰,٥	۱٦٦٤۰۰
« « « « سرعتلی خطوه ایله	٤,٥	۳۰	۲,۰۰	٦۰	۱۷۲٤۰۰
براوکوز مانژه قوشولی اوله رق عادی خطوه ایله	۸	٦۰	۰,٦۰	۳٦	۳٦۸۰۰
براستر « « « « «	۸	۳۰	۰,۹۰	۲۷	۷۷٦۰۰
برمرکب « « « « «	۸	۱٤	۰,۸۰	۱۱,۲	۲۲٥٦۰

سیالاتك مقاومتی ، مصادمه ، ایپلرك خشونتی

٢٢٩ —. واسطه‌نك مقاومتی —. مثلا صو درونده حرکت ایدن جسم صودن برمقاومت اخذ وبوسببله محرك ایشك برقسمنی ضایع ایدرك درونده حرکت ایتدیکی بوواسطه‌نك اجزاء فردیه‌سنه برحرکت اعطا ایدر .

واسطه‌لرك مقاومتلری سرعته وحرکت ایدن جسمك وسعتنه تابع بولندیغندن دلکدن فرق اولنور . سیالاتك اشبو مقاومتی (١)° مایعك کثافتیله (٢)° حرکتك استقامتنه عمود جسمك اڭ بیوك مقطعیله (٣)° سرعتك مربعیله متناسبدرقوشلرك طیرانی مقاومت هوا بالق وکمیلرك حرکتی صویك مقاومتیله حصوله کلور .

٢٣٠ —. مصادمه —. اکر جسملرٔ یك یومیشاق ایسه‌لر حین مصادمه‌ده عین جوهرده برجسم حاصل اوله‌جق وجهله شکللری تغیر ایدوب سرعتی جسملرك سرعت وجوهرلرینه تابع بولنور .

اکر جسملر الستیقیت تامه‌یی حائز ایسه‌لر تماسده شکللری تغیر ایدوب بعده ینه شکل اصلیلرینی اخذ ایدرلر . یومیشاقٔ جسملرك مصادمه‌سنده شکللرینك تغیری دوام ایتدیکندن ایش ضایع اولور. اکر جسملر کاملاً الستیقی ایسه‌لر شکللرینك تغیری اثناسنده بلع اولنان ایش حال اصلیه رجوعده اعاده اولنوب ایشك هیچ برضیاعی واقع اولمز .

ماکنه‌لرده مصادمه‌لر دائما برمقدار ایش ضیاعنی موجب اولورلر.

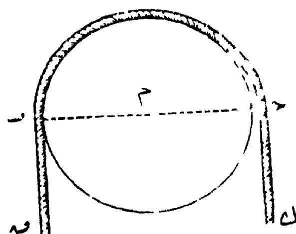
چونكه اول امرده جسملر تماماً الستيقى دكلدرلر ثانياً مصادمه‌لر اهتزازاتى توليد ايدرك ايش ضايع اولوب بوندنبشقه ماكنه‌نك اجزاء مختلفه‌سى صارصله‌رق چابوق فنالشور . اكر بعض مصادمه الزم ايسه زياده الستيقى جسملر اره‌سنده وقوعنه دقت اولنمليدر .

مصادمه قوتى شاهمردان وهوان الى طوقماقلرى وچكيج وسائره‌ده نافع اوله‌رق استعمال اولنوب بو آلتلرك حين سقوطلرنده حائز اولدقلرى قوت زنده يك كوچك برطولده صرف اولنه‌رق يك زياده مقاومته غلبه ايديله‌بيلور .

٢٣١ —• ايپلرك خشونتى —• برايپك خشونتى برجسمه صارلمه‌سنه اولان مقاومتيدر ايپلرك خشونتى ضعف ايش ضياعنى موجب اولورلر . اول امرده بوكمك وصارمق ايچون برقوته احتياج حاصل اولور .

بعده (شكل ١٤٢) مقاومتك ربط اولنديغى ايپك ح اوجى اسطوانه

(شكل ١٤٢)



اوزرينه تماميله تطبيق اولنميوب قوتك تأثير ايتديكى ب اوجى ايسه اسطوانه‌يه بالتمام تطبيق اولنور . بو صورتده مقاومتك م ح

مانوله قوللی تزاید ایدرك موازنت حاصل ایتمك ایچون دها بیوك برقوته احتیاج حاصل ایدر . برایپك خشونتی اسطوانه‌نك قطریله معکوساً متناسب اولوب سرعته غیر تابعدر ایپك جنس وطبیعتی بوکولمکه اولان قابلیتی درجه‌سی ویکی ویاخود مستعمل بیاض ویا قطرانلی ، قورو ویا یاش اولدیغنه نظراً تبدل ایدر اشبو احوال مختلفه‌یی داخل حساب ایتمك ایچون مختلف جدوللر موجوددر .



ایکنجی فصل

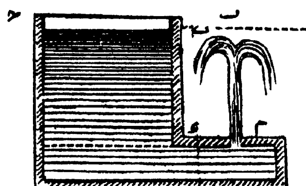
متنوع محرکلر

§ ۱ محرك مائی

مایعاتك جریانی ـ آلات محركهٔ مائیه

۲۳۲ ـــ• توریســللی دعواسی ـــ• (شــكل ۱٤۳) ده کوستریلان برقاب هرقنغی برمایع مثلا صو ایله املا ایدیلەرك م

(شكل ۱٤۳)

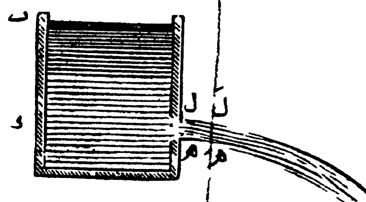


محلنده برثقبه آچیلور ایسه صو همان قابك ب ح تسویهٔ فوقانیسنه قدر فوران ایدر. (§ ۱۸) ده اشاغیدن یوقارویه آتیلان برجسمك بر ح ارتفاعنه قدر واصل اوله بیلسیچون س = √۲ ث ح سرعت ابتدائیه‌سنی حائز اولمسی ایجاب ایتدیکندن ب ی بعد شاقولیسی ح ایله ارائه اولندقده « تســویهٔ فوقانیســنده هرقنغی بر عمقده برقابه آچیــلان بردلیکــدن جریان ایده‌جك اولان مایع جزؤ

فردلری بوثقبه‌یه واصـل اولدقلری زمان خلاده سربستجه سقوطلرنده بر ح ارتفاعندنصکره کسب ایده‌جکلری سرعتی حائز اولورلر » .

٢٣٣ —. صویك صرفیاتی —. هرقنغی برمایعك (شکل ١٤٤) مدور بر ل ه ثقبه‌سندن جریانی حالنده ثقبه‌نك همان یقیننده و لَ هَ محلنه دکین مایع مقطعنك کوچلدیکنه دقت

(شکل ١٤٤)



اولنه‌بیلور . بوده مختلف وحتی یکدیکرینه مقابل استقامتلردن ثقبه‌یه واصل اولان جزؤ فردلرك اسطوانه شکلنده صویك جریانی حاصل ایتمك ایچون افقی استقامتلری بردنبره الده‌میه‌رق مقعرلنی خارجه متوجه منحنی رسم ایتمکه مجبور اولملرندن ایلرو کلور .

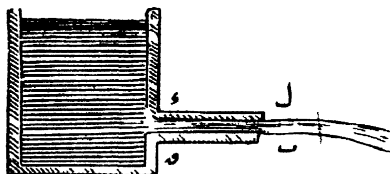
اشبو ایکی مقطعك قطرلری بالمساحه ١٠٠ دن ٨٩ نسبتنده تناقص ایتدیکی کوریلوب مقطعلرك سطحلری ایسه قطرلرینك مربعلریله متناسب اولدیغندن اسطوانهٔ مائینك تناقص ایدن مقطعنك مساحهٔ سطحیه‌سی ثقبه‌نك مساحه‌سنك ٠,٦٢٤١ ویا تقریباً ٠,٦٢ قسمی اولدیغی نمایان اولور .

واحد زمان ظرفنده قاعده‌سی اسطوانهٔ مائینك تناقص ایدن مقطعی وارتفاعی سرعتدن عبات براسطوانه حجمنده مایع جریان ایتدیکندن ل ﻫ ثقبه‌سنك مساحهٔ سطحیه‌سی ﻫ ومایعك ب ء تسویهٔ فوقانیه‌سنك ارتفاعی ح ایله اشعار اولندقده ۞ ثانیه ظرفنده صویك ك صرفیاتی

ك = ۰,٦٢ ۞ ﻫ $\sqrt{\text{۲ ث ح}}$ دستوریله حساب اولنور .

(شکل ١٤٥) ثقبه‌یه طولی قطریك ایکی ویا ایکی بچق مثلندن دها زیاده‌جه اسطوانه‌وی بربورو علاوه اولندیغی حالده بوصرفیات

(شکل ١٤٥)



براز تزاید ایدر . زیرا ء ﻫ ثقبه‌سنه کلان مایع مقطعی بورو داخلنده بروجه بالا برمقدار تناقص وجریان ایتدیکی اثناده بورینك دیکر نهایتندن هوای نسیمینك تضییقیله شیشه‌رك قابك ل ب ثقبه‌سنه مساوی اولور . انجق بوکا مقابل سرعت ۰,٣٨ نسبتنده تناقص ایتدیکندن صرفیات ك = ۰,٨٢ ﻫ $\sqrt{\text{۲ ث ح}}$ دن عبارت اولمش اولور .

مثلا قابك ثقبه‌سنك قطری ۲ وارتفاعی ٤۰ سانتیمتره اولدیغی

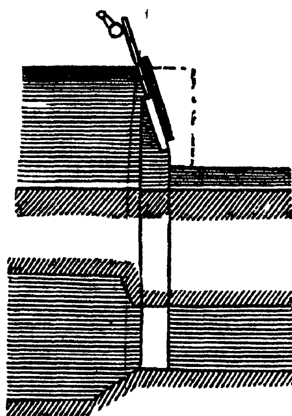
حالده برثانیه‌ده جریان ایدن صویك مقداری یعنی صویك صرفیاتی برنجی حاله نظراً ۵۴۵ وایکنجی حالده ۷۲۱ سانتیمتره مکعب اولور .

۲۳۴ —. میاه جاریه‌ده صرفیات —. قنال وایرمقلر درونده برسطح مائل اوزرنده اولدیغی کبی یتاغنك میلی وجاذبهٔ ارضك تأثیریله صو جریان ایدر . یتاغك سطحنه صویك دلکندن طولانی صو جزؤ فردلرینك سرعتی سطح مذکوره طوغری تناقص ایتمك اوزره بولنور . نهرك برمقطع عرضانیسندن واحد زمان ظرفنده مرور ایدن صو حجمنه (صرفیات) دینلوب ومقطع مذکور ﻫ واشبو صرفیات ك ایله اشعار اولنه‌رق ك/ﻫ = ی نسبتنه دخی جریان سرعت وسطیه‌سی تسمیه اولنور .
ی سرعت وسطیه‌سی صویك سطحنده‌کی سرعتك ۰,۸۰ قدری اولدیغی بالتجربه نمایان اولدیغندن جریانه بر جسم سابح ترك و ﻫ زماننده قطع ایتدیکی ف مسافه‌سی اولچیله‌رك س = ف/ﻫ دستوریله سرعت سطحیه بولندقدن صکره ۰,۸۰ ایله ضرب اولنه‌رق ی تعیین اولنور . ﻫ مقطعنك مساحه‌سی ایچوندخی ایرمغه عرضانی برایپ کریلوب معین مسافه‌لرده مثلا ایکی متره‌دن ایکی متره‌یه اسقندیل اولنه‌رق نهرك بونقطه‌لرده عمقی تعیین ومسافات مذکوره ایله عمودلر هرقنغی برمقیاس ایله کاغد اوزرینه چیزلدکدنصکره حاصل اولان شکلك مساحه‌سی تعیین اولنور بوندنصکره ك = ﻫ × ی دستوریله صویك صرفیاتی حساب اولنمش اولور .

۲۳۵ —. صواق وبند —. برفابریقه ایچون صویك محرك

اولەرق استعمالی حالندە (شکل ١٤٦) دە اولدیغی کبی قنال ویا ایرمغە انشا اولنان عرضانی برحائلك قسم تحتانیسندە استلدیکی

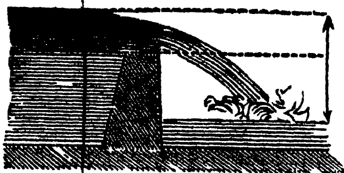
(شکل ١٤٦)



کبی آچیلوب قپانەبیلان برصواق درونندن ویاخود (شکل ١٤٧)) بربند اوزرندن جریان ایتدیریلور برنجی حالدە صواقدن خروج ایدن صویك مقطعی بالادە بیان اولندیغی کبی تناقص ایتدکدنصکرە سطح اعلاسندن ارتفاعی ح وخروج ثقبەسنك سطحی ه ایلە اشعار اولندقدە ك صرفیاتی ك =٠,٦٢ ه $\sqrt{٢ ث ح}$ دستوریلە حساب اولنور اکر (شکل ١٤٦) دەکی کبی صواق شاقولی اولەجق یرە افق ایلە ٤٥° قدر برزاویە تشکیل ایدر ایسە ٠,٦٢ امثالی ٠,٨٠ مقدارینە ترفع ایدر . ایکنجی حالدە (شکل ١٤٧) بندك اوزرندە صویك ارتفاعی ح وثقبەنك عرضی ل ایلە اشعار اولنور ایسە صرفیات ك = م ل ح $\sqrt{٢ ث ح}$ دستوریلە حساب اولنورکە م مقداری ح ارتفاعیلە و ل عرضنك ایرمغك عرضنە اولان نسبتیلە تحول ایدن برامثال اولوب وسطی اولەرق ٠,٤٠ آلنەبیلور ایسەدە آنجق اکثریا فابریقەلردە

اولدیغی کبی بنــدك عرضی جریانك عرضی قدر ایســه ٠,٤٤
اخذ اولنور .

(شکل ١٤٧)



٢٣٦ —. صویك سقوطی —. برماء جارینـك قوهٔ محرکه
اوله‌رق استعمالی ایچون عرضانی برحائل انشا اولنــه‌رق ایکی
اقندی یعنی منبع وروزکار یعنی منصب قسملرینه تفریق اولندقده
حائلدنطولایی صویك تسویه‌سی آقندی طرفنده ترفع وروزکار
طرفنــده تنزل ایدر بوحالده صویك ایکی جهتده تســویه‌سی
دکیشمیه‌جك‌صورتده صواق ترتیب اولنور ایسه هرقنغی برزمانده
ثقبه‌دن چیقه‌جق صــویك مقداری ماء جارینـك کیف ماتفق
برمقطع عرضانیسندن کچه‌جك صویه مساوی اولور .
برزمان معــلومده جریان ایدن برحجم صــویك وه وزننـك
ح سقوط ارتفاعنه یعنی آقنــدی وروزکار طرفلرنده صــویك
ایکی تسویه‌سی بیننده‌کی تفاضل ارتفاعه حاصل ضربنه (ســقوط
قوهٔ مطلقه‌سی) تسمیه اولنوب کیلوغرامتره‌دن عبــارت اولان
بومقدار ٧٥ ایله بالتقســیم جریانك قاج بخار بارکیری قوتنــده
اولدیغی اکلاشیلور مثلا صرفیات ٨٠٠ لیتره وارتفاع ســقوط
٢,٥٠ متره اولسه وه وزنی ٨٠٠ کیــلو غرام اولوب ســقوط

قوۀ مطلقه‌سی ۸۰۰ × ۲,۵۰ = ۲۰۰۰ کیلو غرامتره = ۲۶ $\frac{2}{3}$
بخار بارکیری اولمش اولور . صویك بند اوزرندن جریانی حالنده
کرك متحرك سوکه‌لر وکرك صو اوزرندن جریان ایده‌جك وجهله صویه
طالدیریلان برصواق اعانه‌سیله بندك ارتفاعی ایکی جهته‌کی صو
تسویه‌سی دکیشمیه‌جك صورتده ترتیب اولنوب بوصورتده
(شکل ۱٤۷) مذکور ایکی تسویه بیننده‌کی تفاضل ارتفاع کذلك
حَ ارتفاع سقوطنی اعطا ایدر .

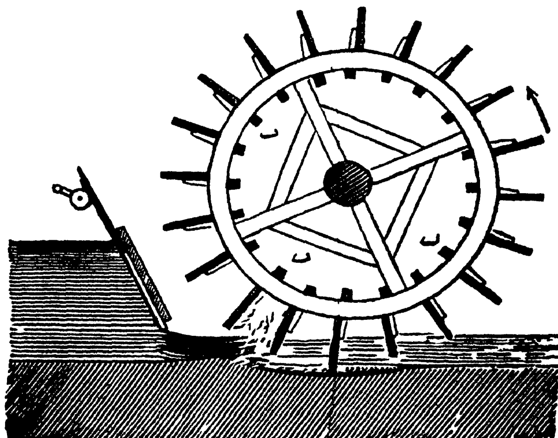
۲۳۷ — ۰ جریانك تأثیرینی فابریقه‌نك آلات متنوعه‌سنه
ایصال ایده‌جك کافۀ ماکنه‌لره (آلت محرکۀ مائیه) دینلور
مایعك آلت محرکه‌یه تصادفیله حاصل اوله‌جق مصادمه‌دن وبر مقدار
مایعك قنالك کناریله آلتك اره‌سندن خروج ایله صرفیاتندن
وکذا صویك صفر اوله‌میان هرقنغی برسرعتله آلتی ترك ایتمسندن
طولایی آلات محرکه نقدر مکمل اولور ایسه اولسون کافۀ سقوط
قوتندن استفاده ایدیله‌میه‌جکی ظاهر اولور .

اك اعلا بر آلت محرکه سقوط قوۀ مطلقه‌سنك ۰,۸۰ مقدارینی
نقل ایده‌بیلوب قوۀ مذکوره‌نك ۰,٦۰ قدرینی نقل ایده‌بیلان
برآلت محرکۀ مائیه فائده‌لی عد اولنه‌بیلور . برآلت محرکه‌نك
فائده‌لی اوله‌بیلمسیچون صویك آلته ممکن اولدیغی قدر آز مصادمه
ایله تصادف ایتمسی وآلتك کنارلرنده صو بلا تأثیر ضایع اولمامسی
وصویك آلتی ممکن درجه‌ده آز سرعتله ترك ایتمسی ایجاب ایدر .
برآلت محرکه صفر سرعتی حائز اولسه هیچ برایش نقل
ایده‌مکی کبی جریانك سرعتی قدر برسرعتی موجود بولنسه صو
آلت اوزرینه هیچ برتأثیر اجرا ایتمیه‌جکندن ینه نقل ایده‌جکی

ایش صفر اولور . بوصورتده اشبو ایکی نهایت حدی بیننده سرعتك ایشی اعظمی قیله‌جق برقیمتی اولمق مقتضی اولوب بوسرعتك اشبو اثر اعظمی‌یی حاصل یعنی آلت محرکهٔ مائیه‌نك اك زیاده ایش نقل ایده‌بیلمسی ایچون دخی مقاومتلری مثلا دستکاهلرك عددینی اکا کوره ترتیب ایتمك ایجاب ایدر .

٢٣٨ —. قنادلری مستوی اولوب صویی التدن آلان چرخلر —. (شکل ١٤٨) ب ح محور افقیسی اوزرینه مربوط ایکی (ب ب ب) چرخلری شکلده) بری دیکری

شکل ١٤٨



اوزرنده مرتسم کوریلور) نصف قطرلری استقامتنده قنادلر ایله تجهیز اولنوب برصواق ایله اداره اولنان برثقبه‌دن خروج ایدن صو قنادلر اوزرینه تأثیر ایدرك سهم جهتنده چرخك دورانی

حاصل ایدر . قنالك مجراسی قنادلرك اوجلرندن رسم اولنان محیط دائره‌نك نقطهٔ تماسنه دکین مستوی وخفیفجه میللی اولوب بوندنصکره ایکی قنادك فاصله‌سنك ضعفنی احاطه ایده‌جك قدر اولان ب ح قسمی مدور ودها صکره کذلك مستوی وخفیف میللی اوله‌رق انشا وبوواسطه ایله قنادلر ایله مجرا اره‌سندن ضایع اوله‌جق صویك مقداری تنقیص ایدیلور .

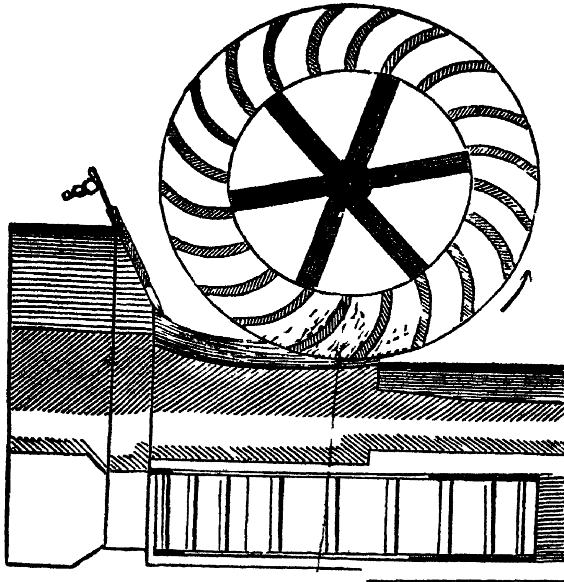
چرخك طالدیرلدیغی قنال دخی یانطرفلردن قنالك صویك آقندی جهتنده‌کی تسویه‌سنی تجاوز ایده‌جك ارتفاعده شاقولی دیوارلر ایله تحدید اولنور .

س ایله صواقدن چیقان صویك سرعتی وَس ایله قنادلرك نهایتلرندن مرور ایدن محیط دائره اوزرنده‌کی چرخك سرعتی اشعار اولنسه بوایکی سرعت بیننده الك فائده‌لی نسبت َس=٠,٤٠ س دن عبارت اولدیغی بالتجربه اکلاشلمشدر چرخك حاصلاتی ٠,٣٠ دن یعنی سقوط قوتنك یوزده اوتوزندن زیاده دکل ایسه ترتیب مبحوث ایله ٠,٥٠ مقدارینه واصل اولور . ارتفاع سقوط اصغری تقریباً ٠,٥٠ مقدارینی تجاوز ایتمدیکی حالده بوچرخلرك استعمالی مناسب اولوب فیئاتلری اهون وتعمیرلری اسهل اولدیغی کبی اکثریا فابریقه‌نك احتیاجاتی ایچون لزوم کوریلان زیاده سرعتله حرکته مساعد بولنمق کبی فوائدی جامعدرلر . بوچرخلره اکثریا ٦ : ٧ متره قطر اعطا اولنور .

٢٣٩ — صویی التدن آلان منحنی قنادلی چرخلر — (شکل ١٤٩) « پونسله » نك اشبو چرخلرنده صویك قنادلره

دخولنی تسهیل ایچون مجرا (باسط دائره) منحنیسی شکلنده انشا اولنوب صویك صواقدن خروجی سرعتی س ایله اشعار اولندقده چرخه ویریله‌جك اك مساعده سرعتك س۱ =۰,۵۵س دن عبارت اولدیغی بالتجربه تعیین ایتمشدر .

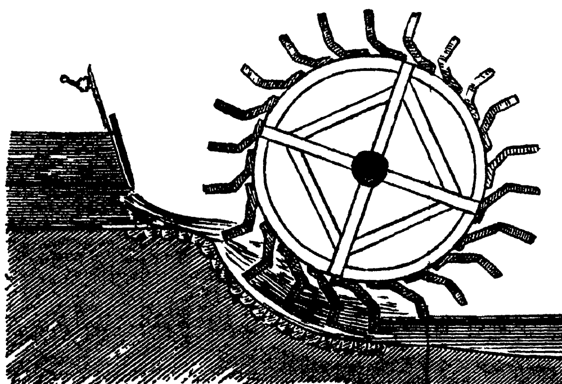
(شکل ۱٤۹)



بونوع چرخلرك دخی صویك ۱,۵۰ متره‌یه دکین ارتفاعات صغیره‌دن سقوطی حالنده استعماللری مناسب اولوب بوحالده حاصلات ۰,٦۵ در . بوچرخلر دخی اولکیلر مثللو زیاده سرعتله ایشلیه‌بیلوب ٤ : ٦ متره قطرنده اعمال اولنورلر .

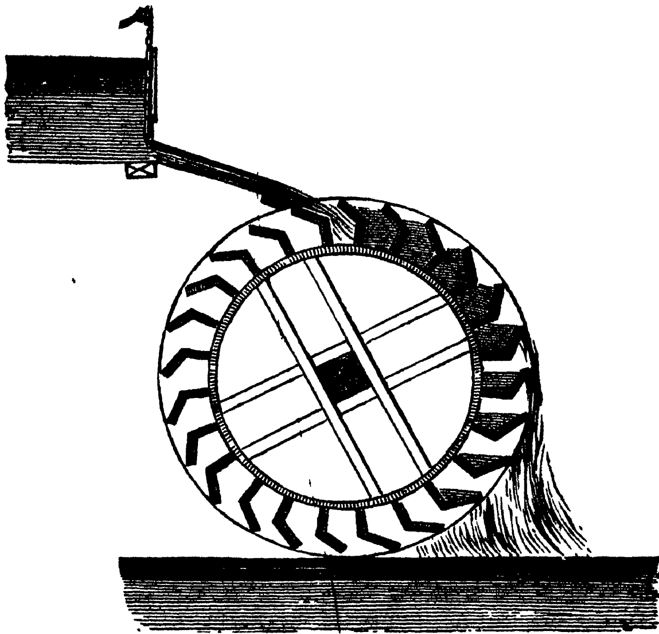
۲٤۰ —• مجراسی مستدیریاندن صو آلان چرخلر —•
(شکل ۱۵۰) بونوع چرخلرك مستوی قنادلی چرخلردن
اولان فرقی شکلده اولدیغی کبی قنادلر بعضکره منکسر اوله‌رق
اعمال اولنوب صویی محورك براز اوزرندن ویانطرفدن اخذ
ایدرلر . بوچرخلره ٤ متره‌دن آز قطر اعطا اولنمیوب ۱,۵۰
الی ۳ متره‌یه دکین وسطی سقوطلر حالنده استعمال اولنورلر .

(شکل ۱۵۰)



صورت مطلوبه‌ده ترتیب اولندقلری حالده زیاده سرعتله ۰,۷۰
وبطی حرکتله ۰,۸۰ حاصلات اعطا ایدرلر .
۲٤۱ —• کردللی چرخلر —• (شکل ۱۵۱) ذوکثیرالاضلاع
ویا منحنی الشکل (کردل) تعبیر اولنان قنادلره صو یوقارودن
سرعت اضافیه‌سی زائل اوله‌رق داخل اولوب ثقلتیله چرخی
دوران ایتدیرر . بوچرخلر ۸ : ۹ متره‌یه دکین سقوطلره
مخصوص اولوب ۱,۳۰ متره‌یه دکین از سرعتله حرکتلری حالنده

(شکل ۱۵۱)



حاصلات ۰,۸۰ قدر اولور ایسه‌ده سریع حرکتلری حالنده چرخك دوراننده صویك زیاده برقسمی کردللردن خارجه دوکیلوب ۰,۵۰ یه تنزل ایدر .

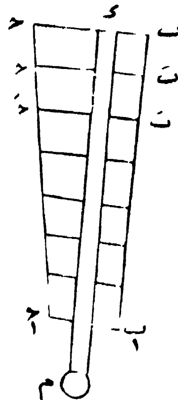
§ ۲ روزکارك محرك اولمسی .

۲۴۲ — ۰ روزکار دکرمنلری تحریك ایچون محرك اوله‌رق قوللانیلور روزکارك قوتنی نقله واسطه اولان آلت محرکه روزکارك استقامت عادیه‌سنجه یعنی افقه ۱۸ درجه قدر میلنده

برمحور اوزرینه طاقلمش درت قنـاددن مرکب اولوب دکرمنی تشـکیل ایدن اخشـاب بنا برمیـل اوزرنده متحرك اوله‌رق استنادیکی زمان اوزون برمانوله اعانه‌سـیله روزکار جهتـنه چوریله‌بیلور .

مکمـل دکرمنـلرده محور بنـالك طـامنه تثبیت اولنـوب دائره‌وی اویوق اوزرنده کوچـك تکرلکلر اوزرنده متحرك اولان اشبو سقف ارقه‌سنده یلکنی واسطه‌سیله کندی کندیسنه روزکار جهتنی اخذ ایدر . هربرقنـاد (شـکل ١٥٢) محور دورانه عمود م د قولیله مساوات متسـاویه‌ده ب ح , بَ حَ , بً حً

(شکل ١٥٢)



....., ب١ ح١ عرضـانی چبوقلردن متشـکل اولوب بونلر بر بز ایله ستر اولندقلری حالده سطح یساری‌یه شبیه برسـطح منحنی

حاصل ایده‌جك وجهله قوله عمود فقط محوره نظراً غیرمساوی ميللرده ترتیب اولنورلر .

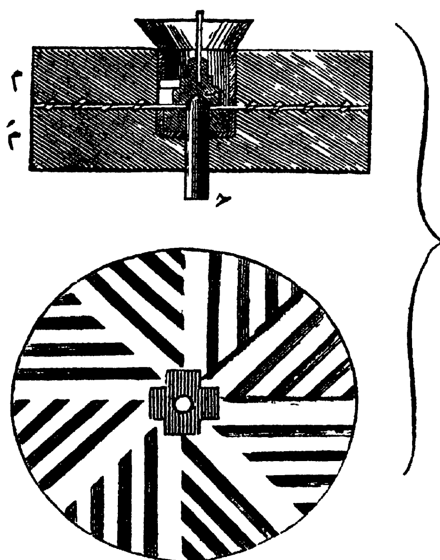
٢٤٣ —. الك فائده‌لی شروط . بودكرمنی تحریك ایده‌بیلمك ایچون روزكارك سرعت اصغریه‌سی ثانیه‌ده ٢ متره اولمق لازمكلوب ١٠ متره سرعت الك فائده‌لی و ١٠ متره‌دن زیاده‌سی مضردر . برقنادك سطحی ط متره مربعی وروزكارك سرعتی س متره اولسه آلات محركه‌یه نقل اولنسان ایشك مقدار اعظمیسی بالتجربه س ع = ٠,١٣ ط س٣ دستوریله معلوم اولور . بوندنبشقه اعظمی ایش حاصل ایتمك ایچون آلت محركه‌یه ویریله‌جك سرعت آلت مذكوره بوش ایكن حائز اولدیغی سرعتك ایكی ثلثی ودكرمن بوش ایكن قنادلرك نهایتنك سرعتی روزكارك سرعتنك درت مثلی قدر اولمق لازمكلدیكی كذلك تجربه‌دن تبین ایتمشدر .

مثلا دكرمن بوش ایكن قنادلر دقیقه‌ده ٤٨ كره دوران ایتسه‌لر اعظمی ایش ایچون قنادلر دقیقه‌ده ٣٢ دفعه دور ایده‌جك‌وجهله مقاومتی ترتیب ایتمك اقتضا ایدر . قنادلرك طوللری ٨ ووسطی عرضلری ٢ متره وهرینك سطحی ط = ١٦ متره مربعی اولوب قنادك بهری ٤٨ دفعه دور ایتمكله سرعتی $\frac{٤٨ \times ٨ \times \pi ٢}{٦٠}$ = ٠,١٩ متره وبوجهتله روزكارك سرعتی تقریباً ١٠,٠٥ متره و س٣ = ١٠١٥,١ و س ع = ٠,١٣ × ١٦ × ١٠١٥,١ = ٢٠١٥,١ و ٤ ١١١ كيلوغرامتره = ٢٨ بخار باركیری اولمش اولور .

٢٤٤ —. بغدای طحننه دائر معلومات مجمله —. بغدایی اون ایتمك ایچون تمیزلمك واوكوتمك والەمك اقتضا ایدوب برنجیسی روزكار ویریجی

آلتلر وبرصره قالبورلر واسطه‌سیله اجرا اولنه‌رق کوچك طاش وطوپراق
.فنا»حبوبات ایله صمان وتوز آیریلور (شکل ١٥٣) آلتده‌کی ثابت
.اوستده‌کی متحرك ایکی دکرمن طاشنك مرکزینك برقسمنده بوطاشی

(شکل ١٥٣)



ح محور دورانی اوزرینه تعلیق ایدن بر ب تیمور قطعه‌سی بولنوب
بشقه طرفلری آچیق اولدیغندن بغدای یورالردن داخل اوله‌رق طحن
اولنور ثابت طاشك مرکزندن ح محور دورانی مرور ایدوب بومحور ایله
طاشك اره یرینه مشین ویا چوقه وضع اولنه‌رق حبوباتك دوشمسی منع
ایدیلور طاشلرك تماس یوزلرینه شکلده اولدیغی کبی چنتك وکرتکر آچیلوب
بونلر بغدای حبوباتی اوزرینه ایکی مقراص کبی اجرای تأثیر ایدرلر .

حبوبات اوستده‌کی طاشك دورانیله مرکزدن محیطه طوغری سوق اولنه‌رق

طاشدن خروج ودوكيلان اون وكپك مخلوطی صیقلقلری مختلف الكلردن
كچيريله‌رك اك اعلاسندن بدأ ايله كپكه قدر آيريلور .

دكرمن طاشلرينه ١,٣٠ الی متره قطر ويريله‌رك اونك ايو اولمسی ايچون
طاشك دقيقه‌ده ٧٠ الی ٨٠ دن زياده دور ايتامسی ايجاب ايدر بويله
برچفت دكرمن طاشيله ٢٤ ساعتده ١٣٠٠ كيلو غرام بغدای طحن
اولنه‌بيلور .

§ ٣ ذيروح محركلر .

٢٤٥ —. انسان ايله باركير واستر ومركب مثللو بعض
حيوانات محرك مقامنده قوللانيله‌بيلوب بونلرك غير ذيروح
محركلردن فرقی آز وچوق ايشلدكدنصكره يوروله‌رق قوتلريني
تكرار آله بيلمك ايچون استراحته محتاج اولملريدر . برذيروح
محركك ويره‌بيله‌جكی اعظمی قوت بونك حاصل ايده‌جكی سرعتك
صفر اولمسی حالنده اولوب بوحالده مضروبلرندن بری صفر
اولديغندن (§ ١٩٠) بوقوتك ايشی دخی صفر اولور . وكذا
نقطهٔ تطبيقك اك اعظم سرعت اخذ ايده‌بيلمسی قوتك صفر
اولمسيله اوله‌بيلديكندن بوحالده دخی ايش صفر اولوب بوندن
طولايی بوايكی حد آره‌سنده قوت ايله سرعتك هرقنغی برقيمتی
ايشی ايشی اعظمی قيله‌بيلور . محركك صحتی اخلال اولنميه‌رق
بومقدار اعظمينك حاصل اولمسی ايچون بوقوت وسرعتله هركون
صورت منتظمه‌ده چاليشمسی اقتضا ايدر . اشته ذيروح محركلرك
بعض ضايعده استخداملرنده باشلوجه منفعتلری محركك اعظمی
ايشنه متناظر اولمق اوزره نقطهٔ تطبيقه زياده برسرعت ويره‌بيلمك
ممكن اوبيلديكی كبی موقت برزمان ايچون زياده برقوت دخی طلب

اولنه بیلور . لکن بویله‌جـه اعظمی ایشـه متناظر اولان قوت وسرعت دکشدکجه یومیه حاصل اولان ایش تناقص ایدوب عینی حالده ابقاسی مطلوب ایدیلوب ایسه محرکك صحتی مختل اولور . منتظم ومعتدل اولان ایش دائما قطعیاً اك زیاده نافع نتایج حاصل ایدر .

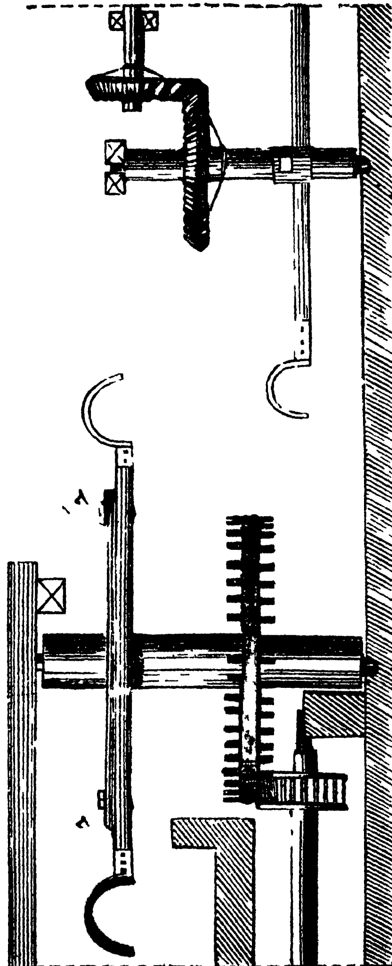
۲٤٦ —. محرکك صورت استخدامنه کوره یومیـه اعظمی ایش حاصل ایده‌جك قوت وسرعت ایله ایش مدتی « پونسله »یه کوره جدول آتیده ترقیم اولنمشدر .

جدول مذکورك مطالعه‌سـندن انسـان ایشی حقنده اك فائده‌لی اصول استخدام ثقلتیله تأثیری حالنده واقع اولوب بیـوك حفر واملا ایشلرنده بیـوك برمقره اوزرندن ایکی نهایتـلرندن برر طبـله‌یه مربوط اولان برایپ کچیریلوب طبله‌لردن برنده ترفیـع اولنـه‌جق یوك ودیکرنده دخی برعمـله بولنوب ثقلتدن طولایی سقوط ویوکی ترفیع ایتدکدنصکره بر نردبان واسطه‌سیله تکرار یوقارویه چیقار بوندنصکره اك فائده‌لی صـورت استخدام معدن اوجاقلرنده استعمال اولنان چیویلی چرخه‌عمله‌نك محور ارتفاعندن اجرای تأثیر ایتمسیدر بارکیر ودیکر حیواناتك خدمت صناعیه‌ده استخداملری همان یالکز مانژه قوشوملریله اولور . مانژ اساساً (شکل ۱٥٤) ب ب َ ستون شاقولیسـندن وزمیندن مقدار کفایه مرتفع برقاچدانه ح حَ قوللرندن متشکل اولوب هربرینه برر بارکیر قوشولور .

§ ٤ بخار ماکنه‌لری

بخار ماکنه‌لری اوزرینه مجملاً معلومات عمومیه

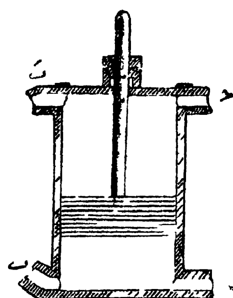
٢٤٧ — بخارك تأثيرى . بخار ماكنه‌لرنده آلت محركه براسطوانه درونده متحرك برپيستوندن عبارت اولوب بونك حركت مستقيمهٔ منفصله‌سى هربرماكنه ايچون اشعار ايده‌جكمز وجهله حركت مستديرهٔ متصله‌يه تحويل اولنور .



(شكل ١٥٤)

بخارك تأثيری نه‌صورتله پیستونك حركت منفصله‌سنی حاصل ایدیكنی اكلامق ایچون (شكل ١٥٥) ب ح حَ بَ براسطوانه و ب،بَ ایله ح،حَ استندیكی كبی قپانوت آچیله بیلان درت

(شكل ١٥٥)



ثقبه وبونهایبكی ثقبه (محل تكاثف) دینلان ودائما صغوق صوفیشقران بر بوشلق ایله اتصالده فرض اولندقده : پیستون سعه‌سنك نهایت تحتانیسی جواریه واصل اولدیغی حالده ب و حَ ثقبه‌لری آچیلوب دیكر ایكیسی قپانور. ایسه بخار قزغانندن ب ثقبه‌سی واسطه‌سیله كلان بخار پیستونك التندن تضییق ایدرك یوقارویه ترفیع ایدر پیستون سعه‌سنك نهایت فوقانیسنه واصل ب و حَ ثقبه‌لری قپانه‌رق دیكرلری آچیلور بوحالده پیستونك التنده قالان بخار ح مخرجی واسطه‌سیله محل تكاثفه كیده‌رك مایع حالنه منقلب اولدیغی اثناده قزغاندن بَ مجراسی واسطه‌سیله كلان بخار بودفعه پیستونك اوزرندن تضییق ایدرك پیستونی حركت ایتدیریر بعده ب،حَ ثقبه‌لری آچیله‌رق عینی عمل تكرار

وبوجهتله پیستونك حركت منفصله‌سی استحصال ایدیلور .

٢٤٨ —. بخار ماكنه‌لرینك صنفه تقسیمی —. قزغانده بخارك قوۀ اتساعیه‌سی ١ یاخود ١ ½ هوای نسیمی تضیقنه معادل یعنی درجۀ حرارتی ١٠٦,٥ الی ١١٢,٢ بولنور ایسه (دون تضییقلی ماكنه) اكر ٣ ویا ٤ هوای نسیمی تضییقنده ١٣٥,١ الی ١٤٥,٤ درجۀ حرارتنده ایسه وسطی تضییلی ماكنه) والحاصل ٥ : ٦ هوای نسیمی تضییقنده ١٣٥,١ الی ١٦٠,٢ درجۀ حرارتده (یوقاری تضییقلی ماكنه) تسمیه اولنور .

بخار مادۀ سابقه‌ده بیان اولندیغی وجهله متناوباً پیستونك ایكی یوزندن اجرای تأثیر ایدر ایسه (تأثیر مضاعفلی ماكنه) دینلوب پیستونك یالكز صعودی بخار وسقوطی سطح فوقانیسندن هوای نسمینك تضییقیله واقع اولیور ایسه (تأثیر بسیطلی ماكنه) تسمیه اولنور .

بوڭجی صورتده پیستونك ایكی حركتی عینی قوتله اجرا اولنه‌رق حركتده انتظام بولنه‌یغندن تأثیر مضاعفلی ماكنه‌لر شایان ترجیحدرلر . برده اكثری بخار ماكنه‌لرنده قزغانك اسطوانه ایله اتصالی دوام ایتمیوب پیستون سعه‌سنك هرقنغی برقسمنی قطع ایتدكدنصكره اتصال قطع اولنه‌رق بخارك (ماریوط) قانوننه توفیقاً انبساطی قوتیله پیستون سوق وتحریك اولنوركه بویله ماكنه‌لره (انبساطلی ماكنه‌لر) دینلور بالعكس پیستون سعه‌سنی كاملاً قطع ایدنجه‌یه دكین اتصال دوام ایدر ایسه (انبساطسز ماكنه‌لر) تسمیه اولنور . انبساطلی ماكنه‌لرده

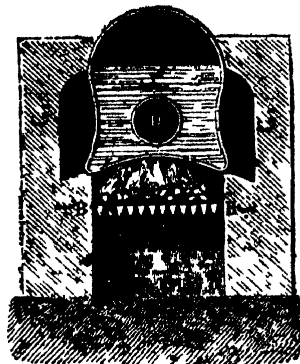
محروقاتك صرفياتی تنقیص یعنی آز محروقات ایله ایش حصول ایدلمك فائده‌سی موجوددر .

وكذلك پیستون سطحنه اجرای تأثیر دنصكره بخار محل تكاثفه ایصال اولنه‌رق تكاثف ایتدیریلور ایسه (محل تكاثفلی ماكنه) دینلوب اگر محل تكاثف موجود اولمیه‌رق بخار تأثیر دنصكره هوایه منتشر اولور ایسه پیستونك مقابل سطحی دائما هوا ایله اتصالده بولندیغندن پیستونك سطحنه اجرا اولنان تضییق قزغانده اولان بخارك قوتندن برهوای نسیمی قدر نقصان اولوركه بونلره دخی (محل تكاثفسز ماكنه‌لر) دینلور محل تكاثفه ایصال ایچون صو تداركی ممكن اوله‌مامسی حالنده وعلی العموم (یوقاری تضییقلی ماكنه‌لرده) محل تكاثف بولنمز .

واطئ دون تضییقلی ماكنه‌سی

٢٤٩ —. قزغان —. قزغان (شكل ١٥٦)ه‌دائره اولندیغی وجهله كاركیر درونده اوله‌رق محروقات ب،ب اسقره‌سی اوزرینه آتیلور علو قزغانك آلتندن بویجه كیدوب ه، كه محللرندن كیرویه كله‌رك باجایه صعود ایدر . بخارك قوه‌ٔ الستیقیه‌سی قزغانك تحمل اوله‌میه‌جغی بردرجه‌یی بولور ایسه وثانیاً آتشك صورت منتظمه‌ده اداره اولنه‌مامسندن قزغان درونده‌كی صویك تسویه‌سی زیاده‌جه تنزل ایتمسی حالنده قزغانك بوتسویه‌نك فوقنده‌كی یان سطحلری قزاره‌رق هرقنغی برسببله بوسطحلره چارپان صو بردنبره تبخر وحصوله كلان مقدار

(شکل ١٥٦)



کلی بخارك خروجه منفذ بوله‌مز ایسه هرایکی صورتده قزغان پاتلیه‌رق نتایج وخیمه‌یی موجب اولور .

اشته صویك تسویه‌سنك تنزلنی ویا بخارك قوۂ الستیقیه‌سنك تزایدینی آتشجی‌یه ارائه ایدرك آتشی آزالتمق ویا بخارك صرفنه یول آچمغله دفع مخاطره‌یه مسارعت ایتمسنه واسطه اوله‌جق (امنیت آلاتی) بروجه آتی ذکر وبیان اولنور .

(١)° قزغانده بخارك هر آنده قوۂ الستیقیه‌سنی اشعار ایدن (مانو متره) آلتی .

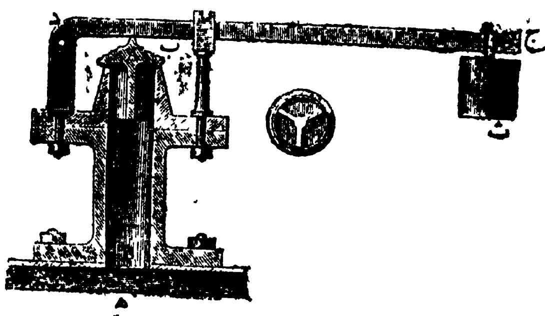
(٢)° تسویه مشعریدرکه . قزغانك درونده برجسم سابحه مربوط معدنی برچبوق صالمستره‌لی بربوغازدن مرور وقزغانك خارجنده‌کی اوجنه برثقلتی حامل وبرمقره‌دن مرور ایدن برزنجیر ربط اولندقده بوثقلتك ترفع ویا تنزلیله قزغانده‌کی صویك تسویه‌سی معلوم اولور .

(۳)° بری قزغانده کی صویك مقنن اولان تسویه سنك برمقدار فوقنده ودیکری تحتنده (ایکی تسویه موصلنی) اولوب آچلدقلری زمان برنجیسنده بخار وایکنجیسندن صو کلسی لازمدر .

(٤)° ایکی (امنیت سپاپی) اولوب برنجیسی قزغانك مناسب برمحلنده بخارك اعظمی قوۀ الستیقیه‌سیله قزغان درونده حاصل اوله‌جق درجۀ حرارتده اریه‌بیله‌جك برنسبتده قلای وبیسموت وقورشوندن مرکب خلیطه‌دن معمول عادی برطیقاج اولوب قوۀ الستیقیۀ بخار وقزغانك قوۀ تحملیه‌سندن فضله کلدیکی حالده مذکورك طیقاجك ایرلمسیله حاصل اولان دلیکدن بخار خروج ایدر .

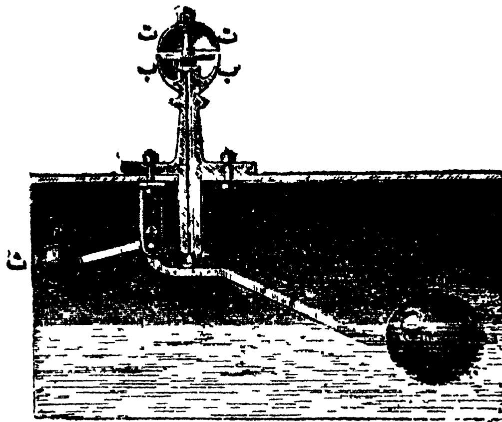
ایکنجیسی (شکل ۱۵۷) ث ثقلتی حامل و ء نقطه‌سی اطرافنده دوران ایدن ءح مانوله‌سنك استناد ایتدیکی (ب) سپاپیدرکه قزغاندن هـ مجراسی واسطه‌سیله کلان بخار حد مطلوبی تجاوز ایتدکده سپاپ آچیله‌رق فضله بخار خروج ایدر .

(شکل ۱۵۷)



(٥)° بر (تسویه دودوکی) اولوب (شـکل ١٥٨) قزغان ایله متصل غایت طـار (اا) مجراسـندن کلەجك بخـار حلقه‌وی

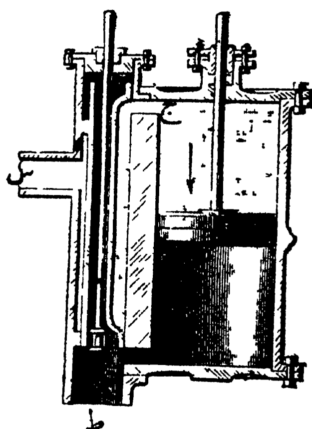
(شکل ١٥٨)



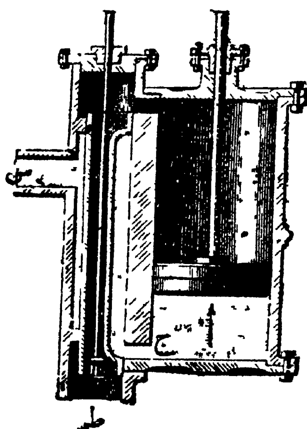
بر (ب ب) ثقبه‌سندن خروج و (ت ت) طاسنه تصـادف ایله آز وچوق تیز برصدا حاصل ایدر (اا) مجراسنك قسم تحتانیسی ح جسم سـابحیله ث مقابل ثقلتنی حامل ء مسندی اطرافنده دوران ایده‌بیلان برمانوله‌یه تطبیق اولنان کوچك بر س سپاپیله قپالی اولوب تسویه تنزل ایتدکده جسم سابح برلکده تنزل ایدرك سپاپ آچیلوب مذکور دودك صداسی حاصل اولور .

٢٥٠ —. بخـارك توزیعی —. (شـکل ١٥٩) قزغاندن کلان بخـار اولا س مجراسـندن (بخار چکمجه‌سی) تسـمیه اولنـان وقسم تحتانیسندن ط مجراسیله محل تکاثفه متصل اولان

(شكل ١٥٩)



(شكل ١٦٠)



اسطوانه‌یه دخول ایدر . بو اسطوانه درونده شكلده مقطع شاقولیسی كوریلان یوقارو واشاغی طرفندن آچیق و م م بوشلغی محتوی (موزع بخار سوركیسی) قایه‌رق حركت ایدوب اشبو سوكو بخار حكمجه‌سنك یوقاروسنده صالمستره‌لی بر بوغازدن كچان شاقولی برچبوق اعانه‌سیله بالذات ماكنه واسطه‌سیله تحریك اولنور .

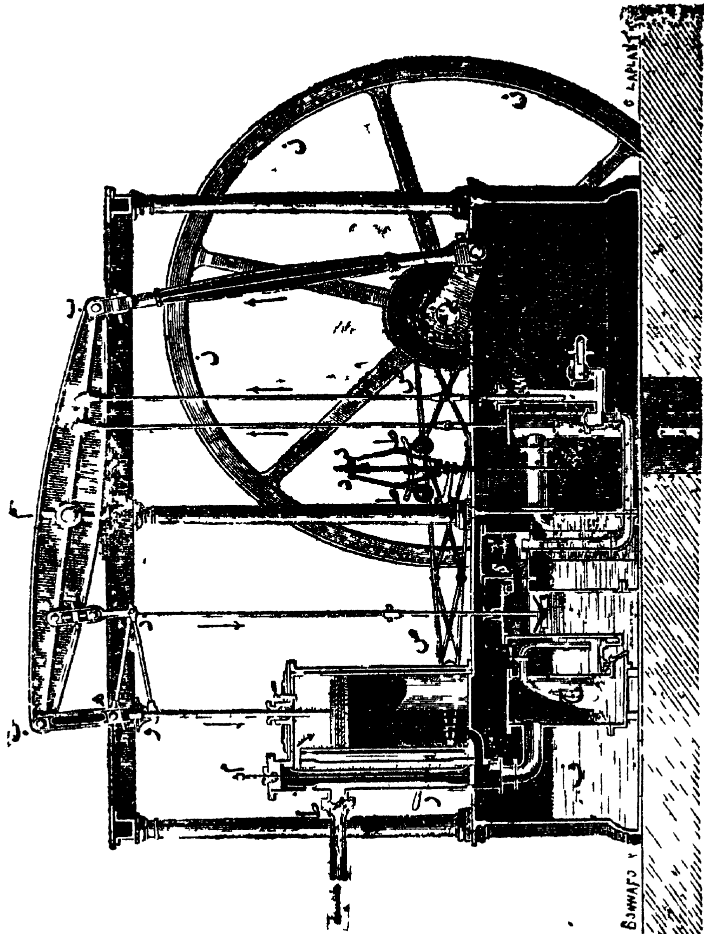
(شكل ١٦٠) ده موزع بخار سوركیسی سعه‌سنك نهایت فوقانیسنده ایكی س مجراسندن كلوب سوركیی احاطه ایدن بخار آچیق بولندیغی یالكز ج ثقبه‌سندن بخار اسطوانه‌سنه داخل وپیستونك اوزرندن تضییق ایله اشاغی سوق ایتدیكی اثناده پیستونك تحتنده قالان بخار جَ مجراسیله محل تكاثفه كیدر .

(شكل ١٥٩) سورکو سعه‌سنك نهایت تحتانیسنه واصل اولدقده بونی احاطه ایدن بخار خروجه حَ دنبشقه منفذ بوله‌میوب بودفعه پیستونك آلتندن تأثیر وبواثناده آچیق اولان ح ثقبه‌سندن پیستونك اوزرنده‌کی بخار موزع بخار سورکیسی درونندن مرور و ط مجراسیله محل تکاثفه دخول ایدر. اشته بووجهله بخارك متناوباً تأثیریله پیستونك حرکت منفصله‌سی دوام ایدر لکن پیستون ایله سورکو سعه‌لرینك نهایتلرینه برلکده واصل اولمیوب ح ثقبه‌سنك پیستونك ایتمکه باشلادیغی زمان آچیلمسی لازمدر. بوصورتده سورکونك ۞ اوست کنارینك پیسون سعه‌سنك فوقنده ایکن مذکور ثقبه‌یی سد ایتمسی لازمکلوب بوندن بواثناده سورکونك سعه‌سنك وسطنده بولنمسی لزومی منتج اولور دیکر حَ ثقبه‌سی ایچوندخی عینی نتایج حاصل اولورکه بوشرطك نه صورتله استحصال ایدیله‌جکی آتیده بیان اوله‌جقدر.

٢٥١ —• ترکیبات. (شکل ١٦١) م محور افقیسی اطرافنده متحرك ب بَ موازننك ایکی طرفنده چفت اوله‌رق مربوط ب ح د ه متوازی الاضلاعی د و وکمی واسطه‌سیله (§ ٤٤) پیستون چبوغنك حرکت مستقیمهٔ منفصله‌سیله موازنك حرکت مستدیرهٔ منفصله‌سی حاصل ایدیلوب بوحرکت دخی بَ ه قولی و ه م چویره‌جکی واسطه‌سیله مَ محورینك حرکت مستدیرهٔ متصله‌سنه تحویل اولنور.

محور مذکورك حرکتنی تنظیم ایتمك ایچون ۞۞ پروانه‌سی علاوه اولنور. اشبو محوره طاقیلان دائره‌وی بر اکسانتریکك بیله‌زیکنه

(شکل ١٦١)



مربوط ص‌ص کملری بخار چکمجه‌سنه یقین بر ص نقطه‌سنده
برلشه‌رك مَ محورینك دورانیله بیله‌زیکك وبوجهتله ص‌ص

كلرينك حركت منفصله‌لری برمانوله تركيباتی اعانه‌سيله موزع بخار سوركوسی چبوغنه انتقال ايدر . اكسانتريك پيستون سعه‌سنك نهايتنده ايكن موزع بخار سوركوسی كندی سعه‌سنك وسطنده بولنه‌جق وجهله مَ اغاجنه ربط اولنمشدر . ماكنه‌نك حركتنی تنظيم ايچون محور مذكوره بر قاصناق طاقيلوب بونك محيطندن طولاشان س سَ قايشی ديكر بر ه ه قاضاغنی تحريك وبرچفت مخروطی ديشلی چرخ تركيبيله بوحركت ك كَ قوت عن المركزلی ناظمك ع ع محور شاقوليسنه انتقال ايدرك مَ محورينك سرعتله دورانی حالنده عَ قولچاغی ترفع وبونی احاطه ايدن چتال وبرمانوله تركيبيله طه اناختاری بخار مجراسنی براز سد ايدر .

بخار تأثيرينی اجرادنصكره موازنك حركتيله ايشلر بر ل طلومبه‌سی واسطه‌سيله دائما صغوق صو اعطا اولنان بر ف حزينه‌سيله محاط ح محل تكاثفنه واصل اولور . محل تكاثفده‌كی صويی تخليه ايچون ه نقطه‌سی كبی همان خط شاقول اوزرنده حركت ايدن متوازی الاضلاعك د ء ضلعنك منتصف نقطه‌سنه لَ هوا طلومبه‌سنك پيستونی ربط اولنوب بوطلومبه محل تكاثفده‌كی صويی س سپاپيله آله‌رق سَ سپاپيله حَ محلنه ايصال واورادن خارجه جريان ايدر .

۲۵۲ — صرفيات وحاصلات — دون تضييقلی بخار ماكنه‌لری بهر باركير قوتی ايچون ساعتده ٥ : ٦ كيلو غرام معدن كموری صرف ايدوب حاصلات بخارك قزغاندن خروجنده محرك ايشنك ٠٫٤٥ : ٠٫٥٤ قدريدر متباقيسی دلكه غلبه ايتمك

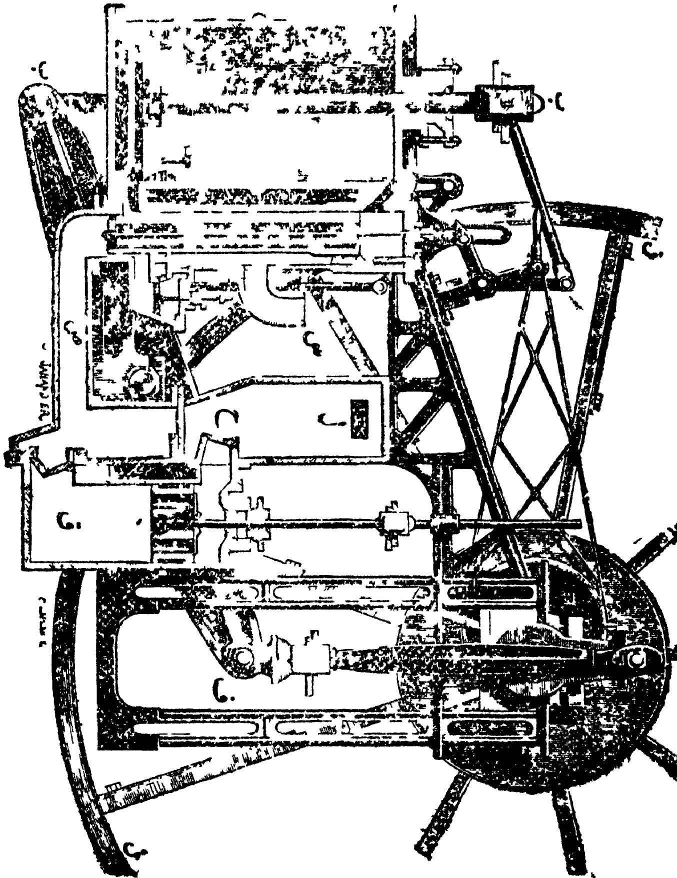
وبخارك اسطوانه‌یه دخولنه دكين درجهٔ حرارتنك ضايع اولمسندن
واسباب سائره‌دن بلع وتلف اولنور . بوماكنه‌لر مخاطره‌نك
آزلغی فائده‌سنی جامع ایسه‌لرده زیاده محل استیعاب ومحل تكاثف
ایچون زیاده مقدارده صویه احتیاج حاصل ایدرلر .

وسطی تضییقلی ماكنه‌لر

٢٥٣ — مثال اوله‌رق واپورلری تحریك ایچون مستعمل
اولان ماكنه ایراد اولنور (شكل ١٦٢) قزغاندن حاصل اولان
بخارس بوریسیله بخار چكمجه‌سندن مرور وسیلندیره داخل
اولوب پیستون اوزرینه اجرا وتأثیردن‌صكره ص بوریسیله ه
محل تكاثفنه كیدر بوراده تراكم ایدن صو هوا طلومبه‌سیله ح
محلنه واورادن ل قنالیله دكزه جریان ایدر پیستون چبوغنه
هربری ب ر ب ر موازننه حركت مستدیرهٔ منفصله اعطا ایدن
ایكی قوله مفصللی اوله‌رق ربط اولنمش افقی برت تر اورسی
مربوط بولنمشدركه شكلده بوموازنلردن یالكز بری كوریلور بهر
موازنك ك نهایتی دیكر ب ر ك ك قولنه مفصللی مربوط‌اولوب
ك ك چویره‌جكی واسطه‌سیله واپورك چرخلرندن برینی
دوران ایتدیرر .

٢٥٤ — محل تكاثف وانبساطلی وسطی تضییقلی بخار
ماكنه‌لرنده هربارگیر قوتی ایچون ساعتده تقریباً ٣ كیلو غرام
معدن كوری ومحل تكاثف ایچونده‌خی ٣٠٠ لیتره صغوق صو
صرف اولنوب ٥ بارگیر قوتنده اولان ماكنه‌لرده حاصلات
٠,٤٣ : ٠,٥٠ یه واصل اوله‌بیلور . اشته صرفیات وحاصلاتك

(شکل ١٦٢)



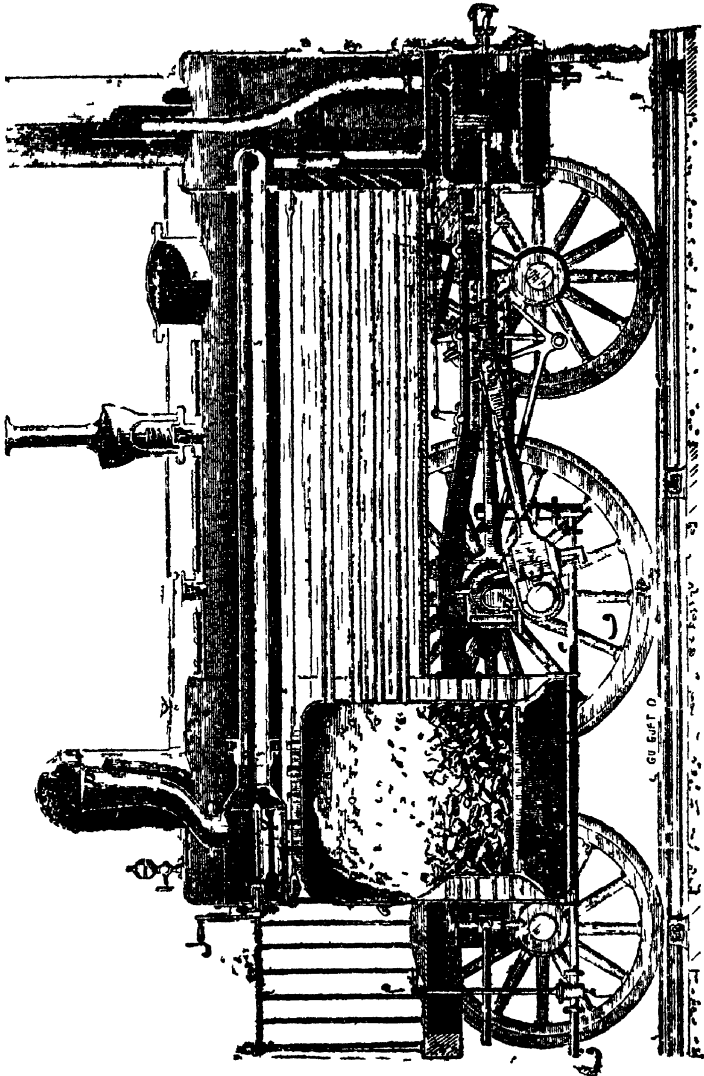
مقايسه‌سيله وسطی تضيقلی ماكنه‌لرك دون تضيقلی ماكنه‌لره رجحانيتی تبين ايدر ايسه‌ده لكن وسطی تضيقلی ماكنه‌لرده مخاطره بالطبع دها زياده‌در .

لوقوموتيو ماكنەلرى

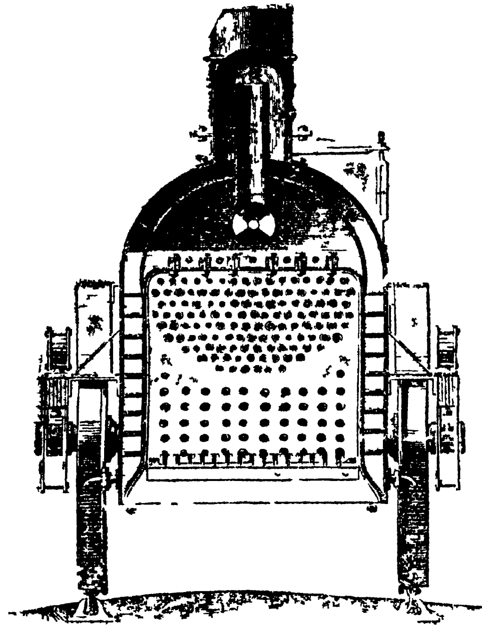
٢٥٥ — تركيبات عموميه — برلوقوموتيو ماكنەسى تكرلكلر اوزرينه تحميل اولنمش برچفت يوقاريى تضيقلى ماكنەدن عبارت اولوب تكرلكلر آتيده بيان اولنديغى وجهله بالذات ماكنه واسطەسيله تحريك اولنورلر . بروجه آتى استفانسونك لوقوموتيوينك بيانيله اكتفا اولنوب (شكل ١٦٣) جهت طولانيسنده مقطع شاقوليسنى (شكل ١٦٤ و شكل ١٦٥) اوكدن وكيريدن مقطع عرضانيلرى (شكل ١٦٦) قزغان كوسترلميەرك مسطحنى ارائه ايدر . قزغان بالاده دكز ماكنەلرينى تحريك ايچون مستعمل اولان قزغانه مماثل (ايچ اوجاقلى وبورولى) اولوب فقط بوراده علو اوجاقدن طوغريدن طوغرىيه بوريلرايله قزغانك نهايتندەكى آتش قپوسنه واصل اولوب باجايه صعود ايدر بودخى سائرلرى مثللو (§ ٢٤٩) امنيت الاتيله تجهيز اولنمشدر.

قزغانده حاصل اولوب بخار خزينەسى تسميه اولنان ه قولەسنه تراكم ايدن بخارى داخلى اكرى بربورى ل مانولەسيله اداره اولنان م موصلغنك اوكنه ايصال ايدر . بوموصلق آچيق اولديغى زمان بخار طولانى س س بوريسيله قزغانك طولنجه كيدوب ب بَ يان بورولريله ماكنەنك صاغ وصولنده واقع موزع بخار چكمجەلرينه واورادن آلت طرفدەكى اسطوانەلره دخول ايدر (شكل ١٦٣) ده صاغدەكى اسطوانەنك مقطعى و (شكل ١٦٤) ده هرايكيسى مشاهده اولنور هربرسيلنديرك

(شكل ١٦٣)

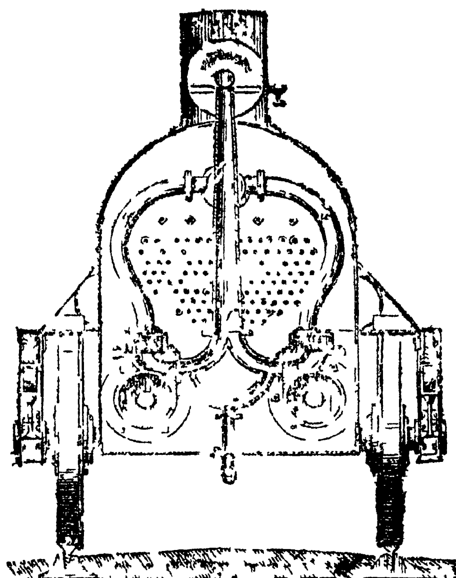


(شکل ١٦٤)



پیستون چبوغی ح ح مثللو برقول ایله اورته تکرلکلرك طرفینی
دیرسکلی دینکلنه مربوط بولنەرق بو دینکلی تحریك ایدر .
(شکل ١٦٦) ده صولطرفده‌کی دیرسك بالسهوله مشاهده‌اولنور
پیستونلرك حرکت متناوبه‌لری دینکلی وبوسببله تکرلکاری تحریك
ورایلر اوزرینه التصاقدنطولایی ماکنه وتکمیل ترن ایلرویه
حرکت ایدر . بوسببدن اورته تکرلکاره (محرك تکرلکلر)
تسمیه اولنوب دیکر درت تکرلك انجق ماکنه‌یی طوتمق ایچون
یرارلر دینکلك ایکی دیرسکلری پیستونلردن بری سمه‌لرینك

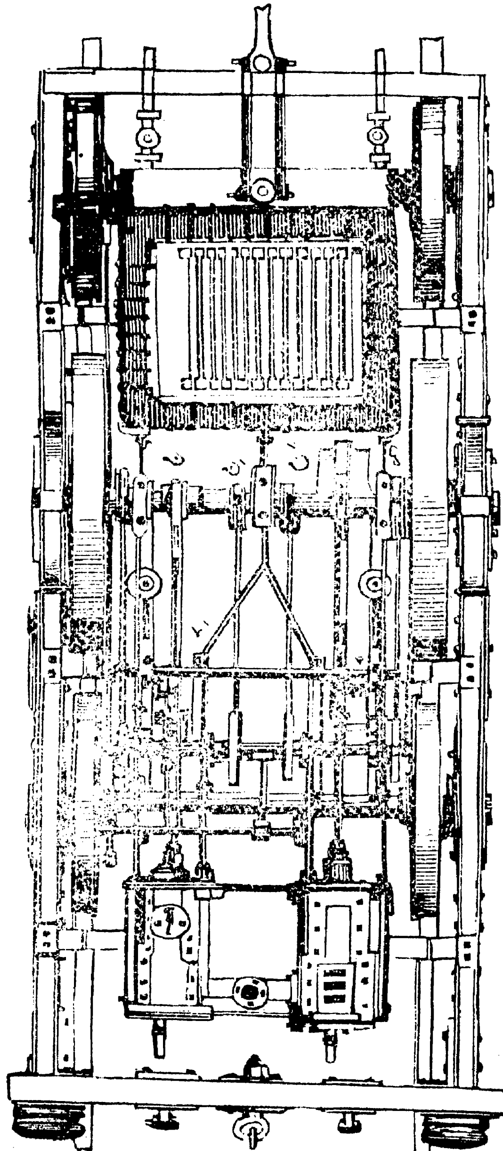
(شکل ١٦٥)



نهایتنده ایکن دیکری وسطده یعنی بری نقطهٔ وفاتده ایکن دیکری تأثیر اعظمی نقطه‌سنده بولنمق ایچون یکدیکریله زاویهٔ قائمه احداث ایده‌جك صورتده ترتیب اولنمشدرلر . بخار اجرای تأثیردن‌صکره بروجه آتی موزع بخار چکمجه‌سنه آچیلمش مخصوص برر مجرا ایله (شکل ١٦٣) ط ، ط بورولریله کچوب گ بوروسنده برلشه‌رك باجادن صرف اولنور .

٢٥٦ —• بخارك توریجی —• لوقوموتیولر ساعتده ٨٠ کیلو متره‌یه قدر مسافه قطع ایده بیلدکلرندن تکرلکلرك قطرلری

(شكل ١٦٦)



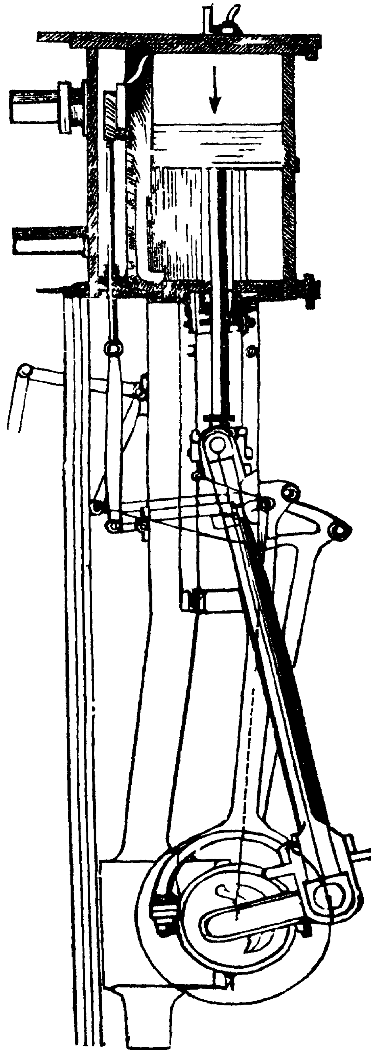
١,٤٠ متره فرض اولنور ایسه برکره دورلرنده ترن ١,٤٠ π = ٤,٤٠ متره مسافه قطع ایده‌جکندن بوتکرلکلرك ساعتده عدد دورلری $\frac{٨٠٠٠٠}{٤,٤٠}$ = ١٨٨٨٨ وبرثانیه‌ده عدد دور یعنی پیستونلرك وبوجهتله موزع بخار سورکولرینك ثانیهٔ واحده‌ده کیدوب کلملری ٥,٨ دفعه اولمق لازمکلدیکندن بونوع ماکنه‌لرده بخار توزیعی دقت وصحت کامله ایله مرتب ومنتظم اولمق اقتضا ایدر .

اشته بخار توزیعنه مخصوص ترتیبات بیوك مقیاس‌ایله (شکل ١٦٧) ده ارائه وترسیم اولنمشدر .

م م، د د مجرالرینك بر آغزلری سیلندیرك نهایتلرینه ودیکر اغزلری دخی موزع بخار سورکوسنك اوزرنده قیارق حرکت ایتدیکی مستطیل الشکل سطحه کشاد اولنمش اولوب بونلرك ارەسنده عینی جسامتده براوچنجی ه مجراسی دخی واردرکه بخار پیستون سطحنه اجرای تأثیردنصکره بومجرا واسطه‌سیله باجایه صعود ایدر اوچ مجرالك اغزلری (شکل ١٦٦) نك صول سیلندیرنده کورینور .

موزع بخار سورکوسی (شکل ١٦٧) باش اشاغی چورلمش مستطیل الشکل برقوطودن عبارت اولوب تماس یوزینك ابعادی اوچ مجرادن هرایکیسنك اغزلرینی صحیحاً استیعاب ایدر صورتده‌در . هربرسیلندیرده مخصوص سورکو سائر ماکنه‌لرده اولدیغی کبی (شکل ١٦٦) ة ة دائره‌وی اکسانتریکلر ایله تحریك اولنەرق بو اکسانتریکلر محرك تکرلکك دینکلنك مستقیم قسمنه ربط اولنمشدرلر (شکل ١٦٧) ده اولدیغی کبی موزع بخار

(شكل ١٦٧)



سورکوسی ر و ه دلیکلرینی قپادیغی حالده بخار چکمجه‌سنه کلان بخار یالکز ء مجراسنی آچیق بوله‌رق سیلندیرك اوك طرفنه داخل اولوب پیستونی کیرویه طوغری تحریك ایدر . بواثناده پیستونك کیروسنده بولنان بخار ر ر مجراسندن وسورکونك ایچروسندن کچه‌رك ه مجراسیله باجایه صعود ایدر بالعکس موزع بخار سورکوسی ء و ه ثقبه‌لرینی قپادیغی حالده چکمجه‌یه کلان بخار آچیق بولدیغی ر مجراسیله پیستونك کیرو طرفنه داخلی وایلرویه سوق ایدر . پیستونك ایلروسنده بولنان بخار دخی ء ء مجراسنده وسورکونك ایچرسنده کذلك ه مجراسیله باجایه صعود ایدر . اکسانتریکلر واطك ماکنه‌سنده اولدیغی کبی بخار سورکولری کندی سمه‌لرینك وسطنده ایکن پیستونلر سمه‌لرینك نهایتلرنده بولنه‌جق وجهله ترتیب اولنور .

٢٥٧ —. کیرویه حرکت —. توقفلرده وبعض ماتوره ویول اوزرنده بعض مخاطره‌نك وقوعی حالنده لوقوموتیوی کیرویه تحریك اقتضا ایدر بوده بخارك تعکیسیله حاصل اولور .

(شکل ١٦٦) ه ، هَ اکسانتریکلرینه وضعاً مخالفت ص ، صَ اکسانتریکلری موجود اولوب (شکل ١٦٧) مانوله ترکیباتی اعانه‌سیله برآنده بخار سورکولری ه ، هَ اکسانتریکلرینك تحت تأثیرندن آلنه‌رق ص ، صَ اکسانتریکلرینك تأثیرینه تابع قیلنور .

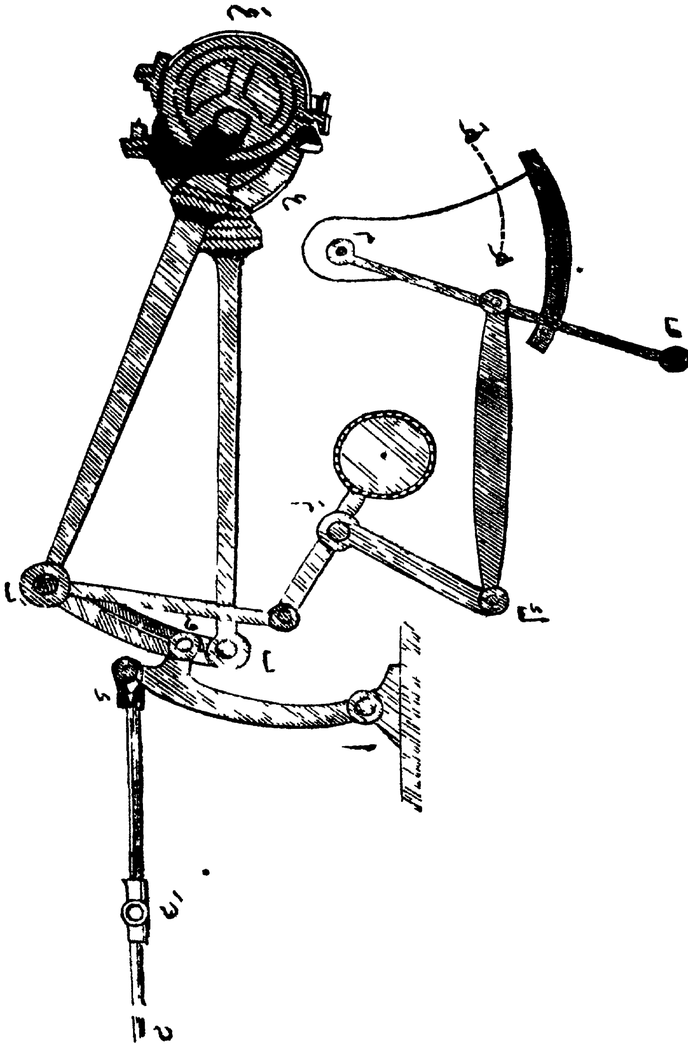
بوحالده بخار سورکولری اولکی وضعیتلرینه مخالف وضع اخذ ایده‌جکلرندن بوسببله بخار پیستونلرك حرکتلرینه مخالف

جهتدن تأثیره باشلیه‌رق محرك ایشلك یرینه برمقاومت ایشی قائم
اولور . بوایش چوق کچمکسزین تدریجاً حرکتك سرعتی
تنقیص ایدرك لوقوموتیو وترنی توقیف ایدر اكر بومقاومت
ایشی دها زیاده دوام ایتدیریلور ایسه توقیفدنصکره ترنك
کیرویه طوغری حرکتنی حاصل ایدر . بخارك تأثیرینی تعکیس
ایچون (شکل ١٦٧) ده بیان اولنان ترکیبات یرینه بوکونکی
کونده عمومیتله (استفانسونك سورکیسی) استعمال اولنور .

٢٥٨ —. استفانسونك سورکوسی —. (شکل ١٦٨)
بخار سورکوسنك تحویل وضع ایتمسی عینی محوره مربوط
ووضعاً مخالف ایکی ع عَ دائره وی اکسانتریکلریله حصوله
کلور . بواکسانتریکلرك ع ب و عَ بَ قوللری قوس دائره‌دن
عبارت برسورکویه ب و بَ نقطه‌لرنده مفصللی اولمق اوزره ربط
اولنوب (ا) نقطهٔ ثابته‌سی اطرافنده متحرك برا د ه قطعه‌سنك
د نهایتنك د ۀ قوليله ۀ ط چبوغنه و ه دوکمه‌سیله دخی ب بَ
سورکوسنه ارتباطی اولدیغندن بوواسطه ایله ع اکسانتریکنك
حرکتی ۀ ط چبوغنك وبونك مربوط اولدیغی بخار سورکوسنك
حرکت مستقیمهٔ منفصله‌سنی حاصل ایدر .

سورکونك وضعیتنی تحویل وبخارك اثرینی تعکیس ایچون : ف م
مانوله‌سی ه ك قوليله بردیکر مَ نقطهٔ ثابته‌سی اطرافنده‌متحرك
و ث مقابل ثقلتنی حاوی ك مَ ل مانوله‌سنه ربط اولنوب
بومانوله‌یه دخی برجفت ل بَ کملریله ب بَ قوس سورکوسی
معلق بولندیغندن ف م مانوله‌سی ف نقطه‌سنده ال ایله طوتیله‌رق

شكل ١٦٨)



ه نقطه‌سی ه هَ قوسنی ترسیم ایتمك اوزره تحریك اولندقده
ك مَ ل مانوله‌سی وكملرِ حركت ایدرك ںَ نقطه‌سی ں دوكمه‌سنه
تقرب ایدریعنی او آنده ںط چبوغنك حركتی عَ اكسانتریكنك
حركتنه تابع اوله‌رق بخار سوركوسنك مطلوب اوْلان تحویل
وضع ایتمسی حاصل اولور .

٢٥٩ — لوقوموتیو قزغاننك اداره‌سی ایچون لوقوموتیوی
تعقیب ایدن و(تندر) تسمیه اولنان مخصوص واغونه اقتضا
ایدن كمور وصو یعنی اكثریا ١٠ الی ١٢ فرسخ مسافه ایچون
٣٢٠٠ لیتره صو و ٤٠٠ كیلو غرام (قوق كموری) حسهاب
وتحمیل اولنور . (شكل ١٦٣) ف‌ف بوروسیله لوقوموتیوك
تندره اتصالی اولدیغندن بخار پیستوننك چبوغیله تحریك اولنان
كوچك برمركب طلومبه اشبو ف‌ف بوروسیله اقتضا ایدن
صویی تندردن آلوب دیكر بوری ایله قزغانه سوق ایدر مذكور
طلومبه‌یی كَ موصلغیله ماكینیست اداره ایدر .
قزغاندن سیلیندیره كلان بخار پیستونلر اوزرینه تأثیردن صكره
باجادن خروج ایدن دومانك سرعتی تزیید وبوجهتله اوجاقده
بولنان محروقات شدتله یانوب قزغانده بخارك حاصلاتی تكثیر
ایدلمك فائده‌سی استحصال ایدلمش اولور .

٢٦٠ — صرفیات وحاصلات — استفانسونك اشبو
لوقوموتیونده بخار (٥) هوای نسیمی تضیقنده حصوله كلوب
ماكنه‌نك قوتی ٦٠ باركیردر .

لكن ماكنه‌نك سریع اولان حركتنه مقتضی بخارك حاصلاتی

دخی زیاده اولمق ایچون قزغانك آتش سطحی تقریباً ٥٠ متره مربعی اولوب بومقدارده داخل اولان اتش بوریلرینك عددی دخی (١٥٠) ودها زیاده‌در لوقوموتیوك مجموع ثقلتی علی العاده ١٢٠٠٠ کیلو غرام اوله‌رق قورو هوالرده (١٠٠٠٠) کیلوغرام ثقلتنده‌برترنی ساعتده ٣٦ : ٤٠ کیلو متره سرعتله وياش هوالرده دلكك ازلغندن بوسرعتله ثلثی ثقلتده برترنی تحریك ایده‌بیلور. افقی بریولده بهر کیلو متره مسافه ایچون تخمیناً ٤٤ لیتره صو و ٧ کیلوغرام قوق کموری صرف ایدر.

دفعهٔ ثانیه اوله‌رق مکتب فنون حربیهٔ شاهانه
مطبعه‌سنده طبع اولنمشدر

في ١٢ کانون اول سنه ١٣٠٧